Colección Ciencias y Humanidades

Biología

Una perspectiva evolutiva

TOMO

II

Lumbreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Libro: Biología: Una perspectiva evolutiva. Tomo II

Páginas anexadas: 894
Páginas en bruto: 866
Peso bruto: 335 megas
Replica: Si
Calificación: 7/10
Autor: Editorial Lumbreras
ISBN: 972-612-307-509-5
Tiempo SCAN: **4 horas 59 minutos**
Edición SCAN: **2 horas 01 minutos**
Tiempo Total SCAN: **7 horas 00 minutos**

CALA
PNHO

CALA PINHO

Asociación Fondo de Investigadores y Editores

Biología

Una perspectiva evolutiva

twitter.com/calapenshko

CALAPENSHKO

Lumbreras Editores

BIOLOGÍA. Una perspectiva evolutiva. Tomo II

© **Titular de la obra:** Asociación Fondo de Investigadores y Editores

Editor: Asociación Fondo de Investigadores y Editores

Diseño y diagramación: Asociación Fondo de Investigadores y Editores

© **Asociación Fondo de Investigadores y Editores**

Av. Alfonso Ugarte N.° 1426 - Breña. Lima-Perú. Telefax: 332-3786
Para su sello editorial **Lumbreras Editores**
Página web: www.elumbreras.com.pe
Primera edición: septiembre de 2015
Tiraje: 5000 ejemplares
ISBN: 978-612-307-509-5
Registro del proyecto editorial N.° 31501051500539
"Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú" N.° 2015-13648
Prohibida su reproducción total o parcial. Derechos reservados D. LEG. N.° 822

Distribución y ventas al por mayor y menor
Teléfonos: Lima: 01-332 3786 / Provincia: 01-433 0713
✉ ventas@elumbreras.com.pe

Esta obra se terminó de imprimir en los talleres gráficos de la Asociación Fondo de Investigadores y Editores en el mes de septiembre de 2015.
Calle Las Herramientas N.° 1873 - Lima-Perú. Teléfono: 336-5889

índice

Presentación 11

LA DIVERSIDAD DE LA VIDA

Capítulo I: Clasificación de los organismos

Introducción 15
Clasificación de los seres vivos 16
Antecedentes 16
Sistemas de clasificación y los cinco reinos de la naturaleza 16
Los tres dominios y seis reinos de la naturaleza 18
Cinco reinos de la naturaleza 19
- Reino monera 19
- Reino protista 20
- Reino plantae 23
- Reino fungi 27
- Reino animalia 28

Capítulo II: Historia evolutiva de la biodiversidad

Introducción 41
Escala temporal geológica 42
- Eón hádico o hadeano 42
- Eón arcaico o arqueano 42
- Eón proterozoico 42
- Eón fanerozoico 42

Filogenia o historia evolutiva de los seres vivos 47
- Primeros organismos unicelulares 47
- Primeros eucariotas 47
- Origen y evolución de los protistas 48
- Origen y evolución de las plantas 49
- Origen y evolución de los hongos 50
- Origen y evolución de los animales 50
- Evolución humana 52

Extinción masiva 53

REINO MONERA

Capítulo III: Bacterias

Introducción 63
Ubicación taxonómica 64
Importancia 64
- Ecología y agricultura 64
- Industria y biotecnología 65
- Biomedicina 66

Características generales 66
Morfología 67
- Bacterias con forma de cocos 67
- Bacterias con forma de bacilo 67

Clasificación 68
Estructura 69
- Cápsula 69
- Pared celular 70
- Membrana celular 71
- Citoplasma 72
- Flagelos 76
- Fimbrias o *pili* 78
- Filamentos axiales 79

Fisiología bacteriana 79
- Nutrición 79
- Esporulación 80
- Reproducción 81
- Transferencia genética 83

Capítulo IV: Cianobacterias

Introducción 93
Evolución 94
Fijación de nitrógeno 94
Ubicación taxonómica 95
Importancia 96
- Ecológica 96
- Evolutiva 96
- Agrícola 96
- Alimenticia 96
- Toxicidad ambiental 97

Características 97
Estructura 98
- Vaina mucilaginosa 98
- Pared celular 98
- Membrana citoplasmática 98
- Citoplasma 98

Variaciones estructurales 100
- Esporas 100

Nutrición 100
- Fotosíntesis 100
- Fijación de nitrógeno 101

Reproducción 101
- Por bipartición o división binaria en organismos unicelulares 101
- Por fragmentación o división de filamentos (tricomas, filamentos sin vaina) 101
- Por esporulación 102

Organización vegetativa 102
- Formas no filamentosas 102
- Formas filamentosas 102

Grupos de cianobacterias 103
Relaciones con otras especies 103
Toxicidad 104

Capítulo V: Arqueobacterias

Introducción 111
Características generales 112
- Hábitat 112
- Morfología 112
- Composición química celular 112
- Metabolismo 112
- Reproducción 113
- Resistencia 113
- Patogenicidad 113

Origen y evolución de las arqueas 113
Estructura celular 114
- Membrana citoplasmática 114
- Pared celular 115
- Genoma arqueano 116
- Citoplasma arqueano 116

Filogenia de arqueas 116
Arqueas metanógenas 117
Arqueas halófilas extremas 118
Arqueas hipertermófilas o termoacidófilas 120
Usos de arqueas en tecnología e industria 120
- Ingeniería genética 120
- Industria alimentaria 121
- Ingeniería ambiental 122
- Medicina 122

REINO PROTISTA

Capítulo VI: Protozoarios

Introducción ... 133
Características generales ... 134
Organismos unicelulares ... 134
Estructura celular eucariota ... 134
Motilidad ... 134
Hábitat ... 134
Interrelaciones ecológicas ... 134
Funciones principales ... 134
Nutrición ... 134
Excreción ... 135
Reproducción ... 136
Clasificación ... 138
Filum sarcomastigophora ... 138
Filum ciliophora ... 138
Filum apicomplexa ... 138
Subfilo sarcodinos ... 139
Superclase rizópodos ... 139
Superclase actinópodos ... 141
Subfilo mastigóforos ... 142
Cinetoplástidos ... 143
Tricomonadinos ... 144
Diplomonadinos ... 144
Coanoflagelados ... 145
Hipermastiginos ... 145
Subfilo ciliados ... 146
Paramecium caudatum ... 146
Subfilo esporozoarios ... 151

Capítulo VII: Algas

Introducción ... 16
Características generales ...
Evolución ...
Clasificación ... 16
Euglenophyta ... 16
Pyrrophyta ... 165
Dinoflagelados ... 166
Chrysophyta ... 167
Diatomeas ... 168
Phaeophyta ... 170
Macrocystis ... 171
Chlorophyta ... 172
Ulva ... 172
Rhodophyta ... 174
Porphyra ... 174
Gigartina ... 174
Ecología ... 176
Ecología de las algas marinas ... 176
Ecología de las algas continentales ... 176
Importancia ... 177
Diatomeas ... 177
Algas rojas ... 177
Algas pardas ... 177

REINO FUNGI

Capítulo VIII: Hongos

Introducción ... 189
Características ... 190
Importancia ... 190
Ecológica ... 190
Nutricional ... 190
Industrial ... 191
Médica ... 191
Agrícola ... 191
Social ... 192
Célula fúngica ... 192
Pared celular ... 192
Membrana fúngica ... 193
Citoplasma ... 193
Núcleo ... 194
Hifas y micelios ... 194
Morfología y estructura ... 195
Levaduras ... 195
Hongos filamentosos ... 196
Setas ... 196
Nutrición ... 197
Reproducción ... 197
Reproducción asexual ... 197
Reproducción sexual ... 198
Clasificación de los hongos ... 199
Quitridiomicetos ... 199
Zigomicetos ... 201
Ascomicetos ... 202
Basidiomicetos ... 205
Deuteromicetos ... 207
Líquenes ... 208
Simbiontes ... 208
Clases de líquenes ... 209
Hábitat de los líquenes ... 209
Usos e importancia económica de los líquenes ... 210
Micorrizas ... 210
Ectomicorrizas ... 211
Endomicorrizas ... 211
Mohos deslizantes y acuáticos ... 211
Acrasiomicetos ... 212
Mixomicetos ... 212
Oomicetos ... 214

REINO PLANTAE

Capítulo IX: Taxonomía vegetal

Introducción ... 225
Características del reino plantae ... 226
Surgimiento de las plantas terrestres a partir de las algas verdes ... 226
Clasificación del reino plantae ... 227
Plantas avasculares: los briofitos ... 228
Características ... 228
Filum briophyta ... 229
Filum hepatophyta ... 231
Filum anthocerophyta ... 231
Plantas vasculares sin semillas ... 232
Evolución de las plantas vasculares sin semillas ... 232
Filum psilotophyta ... 233
Filum lycophyta ... 233
Filum sphenophyta ... 233
Filum pteridophyta ... 234
Plantas con semilla: gimnospermas ... 237
Significado adaptativo de las gimnospermas ... 237
Filum coniferophyta ... 238
Filum ginkgophyta ... 240
Filum cycadophyta ... 240
Filum gnetophyta ... 241
Plantas con flores: *angiospermophyta* ... 241
Evolución de las angiospermas ... 241
Clasificación de las angiospermas ... 243
Comparación entre los principales grupos de angiospermas ... 244
Diversidad de las angiospermas ... 245

Capítulo X: Histología vegetal

Introducción ... 257
Características de la célula vegetal ... 258
Tejidos meristemáticos ... 259
Meristemos apicales o primarios ... 259
Meristemos secundarios o laterales ... 260
Tejido de protección ... 263
Epidermis ... 263
Peridermis o peridermo ... 265
Pelos o tricomas ... 265

Tejido parenquimático 266
Clasificación del parénquima 268
Estructuras secretoras ubicadas en el parénquima 267
Tejido colénquima 269
Tipos de colénquima 269
Tejido esclerénquima 270
Fibras 270
Esclereidas 271
Tejido vascular 273
Xilema 274
Floema 277

CAPÍTULO XI: CORMO VEGETAL

Introducción 289
Estructura 290
Raíz 290
Origen y componentes 290
Estructura externa 291
Modificaciones 291
Estructura interna 292
Circulación del agua y minerales a través de la raíz 293
Simbiosis 294
Tallo 295
Funciones 295
Origen y estructura externa 295
Estructura interna 296
Modificaciones 297
Diferencias entre raíz y tallo 298
Hoja 299
Funciones 299
Estructura externa 299
Estructura interna de la hoja 301
Modificaciones de las hojas 301
Sucesión foliar 303
Otros órganos en las plantas 303
Flor 303
Semilla 304
Fruto 304

CAPÍTULO XII: NUTRICIÓN VEGETAL

Introducción 315
Absorción y transporte de agua y sales minerales desde la raíz hasta el xilema 316
Transporte de la savia bruta por el xilema 319
Teoría de la cohesión-tensión 319
Teoría de la presión radicular 320
Intercambio de gases en las hojas 320
Estomas 321
Lenticelas 322
Fotosíntesis 322
Transporte de la savia elaborada por el floema 324
Respiración celular 325
Eliminación de los productos de desecho 325
Otros tipos de nutrición en plantas 326

CAPÍTULO XIII: REPRODUCCIÓN Y DESARROLLO VEGETAL

Introducción 339
Reproducción asexual o vegetativa 340
Mitosporas 340
Propágulo 340
Multiplicación vegetativa artificial 341
Reproducción sexual en las plantas angiospermas 341
Flor 341
Polinización 345
Doble fecundación 346
Semilla 346
Fruto 346
Germinación 353

CAPÍTULO XIV: FITOHORMONAS

Introducción 363
Hormonas vegetales 364
Características 364
Interacciones hormonales 364
Principales fitohormonas 364
Auxinas 365
Estructura química 365
Biosíntesis y transporte 366
Modo de acción 366
Rol fisiológico 366
Citocininas 368
Estructura química 368
Biosíntesis y transporte 368
Modo de acción 369
Rol fisiológico 369
Giberelinas 370
Estructura química 370
Biosíntesis y transporte 370
Modo de acción 371
Rol fisiológico 371
Etileno 372
Estructura química 372
Biosíntesis y transporte 373
Modo de acción 373
Rol fisiológico 373
Ácido abscísico (ABA) 374
Estructura química 374
Biosíntesis y transporte 375
Modo de acción 375
Rol fisiológico 375
Otros fitorreguladores 376
Brasinoesteroides 376
Ácido jasmónico 377
Ácido salicílico 377
Poliaminas 377
Óxido nítrico 379

REINO ANIMALIA

CAPÍTULO XV: CUERPO ANIMAL

Introducción 389
Promorfología 390
Organización de la complejidad de los organismos 390
Según forma de integración celular 390
Según patrón estructural 390
Tamaño animal 391
Regla de Cope 391
Relación entre tamaño corporal y tasa metabólica 392
Relación superficie-volumen 392
Estrategias para el aumento de superficie 393
Estrategias para el aumento de tamaño 393
Forma corporal 394
Simetría 394
Metamería: homónoma y heterónoma 395
Proporciones corporales: alometría e isometría 396
Adaptaciones morfológicas especiales 397
Para desplazarse en el agua 397
Para desplazarse por el aire 398
Formas para evitar la depredación 398

CAPÍTULO XVI: TAXONOMÍA ANIMAL

Introducción 407
Origen de los animales 408
Teoría sincitial ciliada 408
Teoría colonial flagelada 408
Teoría del origen polifilético 408
Criterios de clasificación 408
Criterios de la morfología animal 409
Criterios de la embriología animal 411

Principales *filla* animales 413
Filum porifera 413
Filum celentéreos (cnidarios) 414
Filum ctenóforos 415
Filum platelmintos 415
Filum nemertinos 416
Filum nematodos 417
Filum rotíferos 417
Filum gastrótricos 418
Filum molusca 418
Filum anélidos 418
Filum artrópodos 419
Filum equinodermos 420
Filum hemicordados 422
Filum cordados 422

CAPÍTULO XVII: DIGESTIÓN Y NUTRICIÓN

Introducción 439
Definición 440
Digestión no sistémica 440
Poríferos 440
Digestión sistémica 441
Tipos de sistemas digestivos 441
Sistema digestivo en invertebrados 441
Celentéreos 441
Platelmintos 441
Nematodos 442
Moluscos 443
Anélidos 444
Artrópodos 445
Equinodermos 447
Peces osteíctios 448
Peces condrictios 449
Anfibios 449
Reptiles 450
Aves 451
Mamíferos 452

CAPÍTULO XVIII: INTERCAMBIO GASEOSO

Introducción 463
Definición 464
Tipos de respiración 464
Respiración directa 464
Respiración indirecta 465
Respiración indirecta en animales celomados 466
Moluscos 466
Anélidos 467
Arácnidos 468
Insectos 468
Crustáceos 469
Equinodermos 470
Peces óseos 470
Peces cartilaginosos 472
Anfibios 472
Reptiles 473
Aves 474
Mamíferos 475

CAPÍTULO XIX: CIRCULACIÓN Y TRANSPORTE

Introducción 485
Circulación directa o no sistémica 486
Poríferos 486
Celentéreos 486
Platelmintos turbelarios 486
Nematelmintos 486
Circulación indirecta o sistémica 486
Componentes del sistema circulatorio 486
Tipos de sistemas circulatorios en animales 490
Sistema circulatorio abierto o lagunar 490
Sistema circulatorio cerrado 493

CAPÍTULO XX: EXCRECIÓN Y OSMORREGULACIÓN

Introducción 509
Conservación del agua corporal 510
En animales acuáticos 510
Animales terrestres 510
Origen de los principales desechos nitrogenados 510
Amoníaco (NH_3) 510
Urea 510
Ácido úrico 511
Órganos excretores: evolución, anatomía y fisiología 512
Protonefridios 512
Metanefridios 512
Tubos laterales 513
Túbulos de Malpighi 513
Glándulas verdes o glándulas antenales 514
Glándulas coxales 515
Riñones 515
Proceso de formación de la orina 517
Filtración o diálisis 517
Reabsorción 518
Secreción 519
Regulación de la diuresis 521
Grupos de animales, órganos excretores y adaptación al medio 522
Platelmintos 522
Moluscos 522
Artrópodos 522
Anélidos 522
Equinodermos 522
Vertebrados 522
Integración de los sistemas excretor y endocrino 525

CAPÍTULO XXI: SISTEMA NERVIOSO

Introducción 539
Neurona 540
Estructura neuronal 540
Clasificación de las neuronas 541
Impulso nervioso 541
Conducción del impulso nervioso 542
Transmisión del impulso nervioso 543
Órganos sensoriales 545
Según tipo de energía captada 545
Según situación de los receptores y procedencia del estímulo 546
Coordinación nerviosa 547
Animales sin sistema nervioso 548
Poríferos 548
Animales con sistema nervioso difuso 548
Cnidarios 548
Animales con sistema nervioso centralizado 549
Plathelmintos 549
Nematodos 550
Anélidos 550
Moluscos 551
Artrópodos 553
Equinodermos 556
Cordados 556

CAPÍTULO XXII: LOCOMOCIÓN ANIMAL

Introducción 577
Clasificación de las formas de movimiento 578
Sistema locomotor en los animales invertebrados 578
Poríferos 578
Celentéreos 579
Platelmintos 579
Nematodos 580
Moluscos 580
Artrópodos 581
Anélidos 582
Equinodermos 582

Sistema locomotor en los animales vertebrados 583
Peces 584
Anfibios 585
Reptiles 586
Aves 587
Mamíferos 589

CAPÍTULO XXIII: REPRODUCCIÓN Y DESARROLLO ANIMAL

Introducción 597
Definición 598
Importancia 598
Tipos de reproducción 598
Reproducción asexual 598
Reproducción sexual 600
Reproducción sexual y desarrollo en los *filos* animales 602
Poríferos 602
Celentéreos 603
Platelmintos 603
Nematodos 604
Moluscos 604
Anélidos 605
Arácnidos 606
Crustáceos 606
Insectos 606
Equinodermos 607
Peces óseos 608
Peces cartilaginosos 608
Anfibios 609
Reptiles 610
Aves 611
Mamíferos 612

CAPÍTULO XXIV: SISTEMA ENDOCRINO ANIMAL

Introducción 623
Sistema endocrino animal 624
Hormonas 624
Hormonas hidrosolubles 625
Hormonas liposolubles 625
Mecanismo de acción hormonal 626
Mecanismo de acción de hormonas hidrosolubles 626
Mecanismo de acción de hormonas liposolubles 627
Sistema endocrino en animales invertebrados 627
Celentéreos 627
Platelmintos 628
Nematelmintos 628
Moluscos 628
Anélidos 628
Insectos 628
Feromonas en insectos 632
Feromonas de organización social 632
Crustáceos 633
Arácnidos 633
Equinodermos 633
Sistema endocrino en animales vertebrados 634
Ciclóstomos 634
Peces 634
Anfibios 636
Reptiles 637
Aves 637
Mamíferos 637
Sistema endocrino en humanos y su relación en los vertebrados 639
Sistema hipotálamo hipofisiario y glándula periférica 639
Hipotálamo 640
Hipófisis 640
Tiroides 642
Glándulas adrenales 643
Gónadas 643
Glándulas paratiroides 645
Páncreas 645

SALUD Y ENFERMEDAD

CAPÍTULO XXV: EPIDEMIOLOGÍA

Introducción 657
Salud y enfermedad 658
Salud 658
Enfermedad 658
Triada epidemiológica 659
Etiología y patogenia 660
Cuadro clínico 660
Fases de una enfermedad 661
Diagnóstico 661
Tratamiento 662
Prevención 662
Indicadores de salud 662
Esperanza de vida 663
Tasa de mortalidad 663
Tasa de morbilidad 663
Tasa de incidencia 663
Tipos de enfermedades 664
Según su tiempo de evolución 664
De acuerdo a la incidencia 664
Según su etiología 665
Principales enfermedades nutricionales 666
Deficiencia mineral 666
Desnutrición proteica 666
Desnutrición calórica 667
Hipovitaminosis 667
Sobrenutrición 668
Enfermedades funcionales 668
Alteraciones de la secreción hormonal 668
Insuficiencias 668
Inmunitarias 668
Transtornos metabólicos 669
Enfermedades congénitas 669
Labio leporino 669
Hidrocefalia 669
Espina bífida 669
Síndrome de Down 669
Sirenomelia 670
Enfermedades degenerativas 670
Neurodegenerativas 670
Miodegenerativas 672
Artrodegenerativas 672
Principales enfermedades ocupacionales 672
Neumoconiosis 672
Hipoacusia 672
Enfermedades infecciosas 673
Teoría microbiana de la enfermedad 673
Agentes infecciosos 674
Vías de infección 674
Formas de transmisión 675
Zoonosis 676

CAPÍTULO XXVI: DEFENSA CONTRA LAS INFECCIONES

Introducción 687
Antecedentes históricos 688
Edward Jenner (1749-1823) 688
Luis Pasteur 688
Teoría celular de la inmunidad 688
Teoría humoral de la enfermedad 689
Confluencia de la teoría celular y humoral 689
Obtención de vacunas 689
Biotecnología e inmunología 689
Inmunidad 689
Inmunidad innata (inespecífica) 691
Barreras primarias o externas 691
Barreras secundarias 692
Inmunidad adquirida (específica) 696
Activación de linfocitos T cooperadores 698
Respuesta inmunitaria humoral 698
Respuesta inmunitaria celular 700

Memoria inmunológica 700
Regulación de la respuesta inmune 701
Inmunización 701
Inmunización pasiva 701
Inmunización activa 702
Inmunopatología 705
Enfermedades autoinmunes 705
Hipersensibilidad 705
Cáncer y respuesta inmunitaria 705
Sida y sus efectos en el sistema inmune 706
Sistema inmune en animales invertebrados 706

CAPÍTULO XXVII: ENFERMEDADES VIRALES

Introducción 717
Historia de los virus 718
Evidencias de enfermedades virales en la antigüedad 718
Evidencias de enfermedades virales en la actualidad 719
Inicios de la virología 719
¿Qué son los virus? 721
Origen de los virus 722
Estructura de los virus 722
Composición química viral 722
Morfología viral 723
Cristalización 724
Tamaño de los virus 725
Clasificación de los virus 725
Según el tipo de ácido nucleico 725
Según el órgano afectado 725
Clasificación según genoma y familia viral 726
Ciclo de infección viral 727
Ciclo lítico 727
Ciclo lisogénico (templado) 728
Enfermedades humanas virales 729
Herpes simple 729
Varicela 730
Mononucleosis infecciosa 731
Condiloma acuminado 731
Hepatitis 732
Sarampión 733
Rubéola 734
Parotiditis 734
Rabia 735
Poliomielitis 736
Dengue 737
Ébola 738
Sida 739
Ciclo del VIH 740
Vías de transmisión 742
Historia natural de la infección por VIH 743
Fases de la infección por VIH 743
Origen del VIH 744
Epidemiología del VIH 745
Diagnóstico 745
Fármacos antirretrovirales 745
Infecciones virales en animales y plantas 746
Enfermedades en animales 746
Virus en las plantas 746
Respuesta inmune ante el ataque viral 746
Partículas moleculares infectivas 746
Viroides 746
Priones 747

CAPÍTULO XXVIII: ENFERMEDADES BACTERIANAS

Introducción 757
Antecedentes históricos 758
Flora microbiana normal del organismo humano 758
Definición 758
Tipos 759
Flora normal de la piel 759
Flora normal de la boca y vías respiratorias superiores 759
Flora normal intestinal 760
Flora normal de la vagina 760
Patogenia de la infección bacteriana 761
Ingreso al hospedero 761
Adherencia 761
Invasión del hospedero 761
Daño al hospedero 762
Resistencia bacteriana a los antibióticos 764
Enfermedades bacterianas 764
Difteria 764
Tos convulsiva o tos ferina 765
Tétanos 766
Cólera 768
Brucelosis 769
Sífilis 770
Tuberculosis 772
Bartonelosis 775
Fiebre tifoidea 776

CAPÍTULO XXIX: ENFERMEDADES MICÓTICAS

Introducción 789
Clasificación 790
Micosis superficiales 790
Micosis cutáneas 790
Micosis subcutáneas 792
Micosis sistémicas dimórficas (micosis endémicas) 794
Micosis sistémicas oportunistas 796

CAPÍTULO XXX: ENFERMEDADES PARASITARIAS

Introducción 809
Definiciones básicas 810
Parásito 810
Huésped u hospedero 810
Reservorio 810
Portador 810
Vector 810
Clasificación de los parásitos 810
Protozoos 810
Helmintos (gusanos o vermes) 810
Artrópodos 810
Parasitosis intestinales por protozoos 811
Amebiasis (entamoebiosis o disentería amebiana) 811
Giardiasis 813
Balantidiasis 814
Parasitosis intestinales por helmintos 814
Ascariasis 814
Tricocefalosis 816
Oxiuriasis (enterobiasis) 816
Teniasis 818
Difilobotriasis 819
Parasitosis tisulares por protozoos 819
Malaria (paludismo) 819
Mal de Chagas (tripanosomiasis americana) 821
Leishmaniasis tegumentaria americana 823
Toxoplasmosis 824
Tricomoniasis urogenital 825
Parasitosis tisulares por helmintos 826
Filariasis linfática 826
Triquinosis 826
Fasciolíasis hepática 827
Paragonimiasis (distomatosis pulmonar) 828
Cisticercosis 829
Hidatidosis (quiste hidatídico) 830
Enfermedades causadas por artrópodos 830
Pediculosis 830
Pulicosis 830
Escabiosis (acarosis, sarna o rasca rasca) 831
Accidentes causados por animales ponzoñosos 831
Aracnidismo 831
Ofidismo 832
CLAVES 843
GLOSARIO 845

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Presentación

La Asociación Fondo de Investigadores y Editores (Afined), a través de su sello Lumbreras Editores, se complace en presentar su nueva publicación ***Biología, una perspectiva evolutiva***, la cual forma parte de la **Colección Ciencias y Humanidades**. Esta publicación constituye un nuevo aporte al desarrollo de la educación en nuestra sociedad, en tiempos donde el avance tecnológico y el uso de los nuevos medios van generando cambios rápidamente, y donde el acceso y el aprovechamiento de estos resultan desiguales en nuestro país. Por ello la importancia de estas publicaciones, que además tienen el respaldo del trabajo serio y orientado al servicio y a la formación integral de los estudiantes.

Conscientes de ello, nuestra editorial –con presencia en distintos lugares del Perú– presenta esta colección, la cual es fruto del trabajo organizado y en conjunto con las distintas planas de profesores del **Instituto de Ciencias y Humanidades**, promotor de las academias ADUNI y César Vallejo, cuya experiencia y dedicación en la formación de jóvenes estudiantes se ven reflejadas a lo largo de las siguientes páginas.

El esfuerzo de las distintas planas está enfocado, además de la enseñanza y la formación integral, en la investigación, tanto en matemáticas como en ciencias naturales y humanidades. Agradecemos el trabajo y la dedicación de los docentes, quienes finalmente canalizan y orientan el contenido de cada obra en aras de alcanzar un mejor nivel y calidad, y de hacer entendible aquello que a veces resulta complicado para el estudiante, no solo de los niveles secundario y preuniversitario sino también de los primeros ciclos de la universidad. De esta manera, destacamos el trabajo profesional realizado por los profesores de la plana de Biología y, en especial, de los coordinadores del proyecto, quienes gracias a su experiencia en la docencia como en la elaboración de materiales educativos supieron guiar el proceso de preparación del presente material.

Finalmente, queremos resaltar el compromiso de nuestra institución de continuar con la labor educativa y aportar con nuevas publicaciones que contribuyan a mejorar la calidad de esta, además de incentivar el trabajo de investigación y humanístico, el cual creemos debe estar siempre cerca de las grandes mayorías.

Asociación Fondo de Investigadores y Editores

1

La diversidad de la vida

CALA PINHO

Capítulo I

Clasificación de los organismos

Objetivos

- Determinar la importancia de la relación que existe entre la filogenia y la clasificación de los seres vivos.
- Identificar los distintos sistemas de clasificación propuestos por la ciencia.
- Determinar las características más importantes de los cinco reinos de la naturaleza.

Introducción

La primera parte del presente capítulo aborda los diversos sistemas de clasificación de los seres vivos que a lo largo de la historia, y según la concepción que se tiene de la naturaleza, se han ido proponiendo. Los primeros sistemas de clasificación se basaban en el fijismo; esto es, en la invariabilidad o inmutabilidad de los seres vivos, a los cuales se agrupaban según sus semejanzas y diferencias de tipo principalmente estructural. Estas clasificaciones de tipo jerárquicas coincidían en la mayoría de casos con el proceso natural de la evolución de las especies. El problema se planteaba al momento de intentar clasificar organismos con características presentes en dos grupos distintos. Esto trajo como consecuencia la formación de grupos denominados "cajones de sastre"; como el caso del reino protista, que agrupa a organismos de diversos linajes, también denominados polifiléticos. Estos grupos no se consideran hoy grupos o taxones válidos según las reglas de la taxonomía moderna.

Frente a estos sistemas de clasificación de tipo fijista, que describen la naturaleza en su totalidad como una realidad definitiva, inmutable y acabada, los nuevos sistemas de clasificación de tipo cladístico, más acordes con una concepción de la naturaleza de tipo dialéctica, asumen el cambio perpetuo y la interconexión de los diversos seres vivos en la historia de la Tierra. Este sistema elimina el pensamiento gradístico del denominado "árbol de la vida" que conduce a un pensamiento de carácter teleológico de la naturaleza; esto es, a un progreso planificado de la naturaleza.

La segunda parte del presente capítulo aborda de manera muy general las características de los cinco reinos de la naturaleza, la cual es una clasificación estándar muy popular y que, con algunas modificaciones, aún hoy se utiliza en muchos textos o constituye la base para nuevos sistemas propuestos.

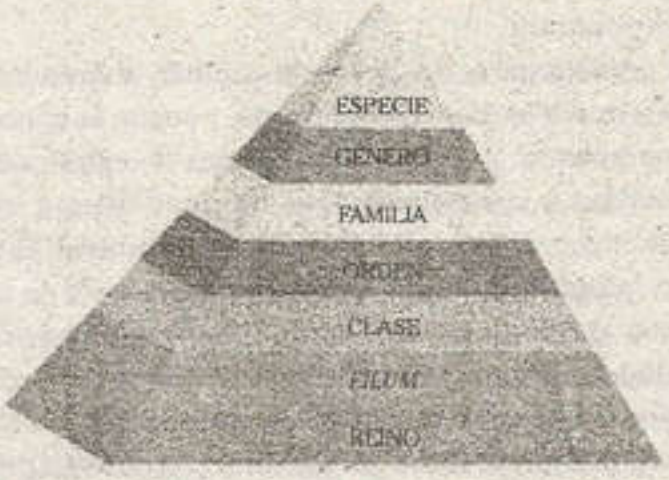
1 ▸ Clasificación de los seres vivos

1.1. Antecedentes

La teoría de Darwin de la ascendencia común de los organismos es el principio básico que guía la búsqueda de un orden para la diversidad animal. Y es la sistemática, la encargada del estudio científico de la diversidad de los organismos y sus relaciones evolutivas. Ahora bien, un aspecto importante de la sistemática es la taxonomía, ciencia que se dedica a nombrar, describir y clasificar a los organismos. El término clasificación hace referencia a la disposición de los organismos en grupos basados en semejanzas que reflejen las relaciones evolutivas entre los linajes. Por lo tanto, los organismos que tienen un antecesor común muy reciente, comparten muchas características y quedan agrupados juntos en la clasificación taxonómica.

De los muchos sistemas de clasificaciones preevolutivos que se propuso, el diseñado por Carl Linneo en el siglo XVIII ha sobrevivido hasta la actualidad con algunas adaptaciones a los puntos de vistas evolutivos actuales. En la primera mitad del siglo XVIII cada especie tenía un largo nombre descriptivo, compuesto a veces de diez o más palabras latinas. Linneo simplificaría la clasificación científica con el desarrollo de un **sistema binomial** para la nomenclatura, en el cual cada especie recibe un nombre único formado por dos palabras. La primera palabra designa el género y la segunda, al epíteto específico. Linneo agrupó a los organismos según sus semejanzas principalmente estructurales, aplicando ciertas reglas de clasificación a los seres vivos y generando un sistema jerárquico.

La ciencia actual relaciona clasificación con evolución. El objetivo es reconstruir la **filogenia** o historia evolutiva de un grupo de organismos a partir del antecesor común. A medida que se determinan las relaciones evolutivas en y entre las especies y grupos superiores, se construyen las clasificaciones a manera de árboles, denominados árboles evolutivos.



Los taxones o grupos en que se clasifican los seres vivos se estructuran en una jerarquía de inclusión. Por ejemplo, el taxón reino incluye varios *filum*.

1.2. Sistemas de clasificación y los cinco reinos de la naturaleza

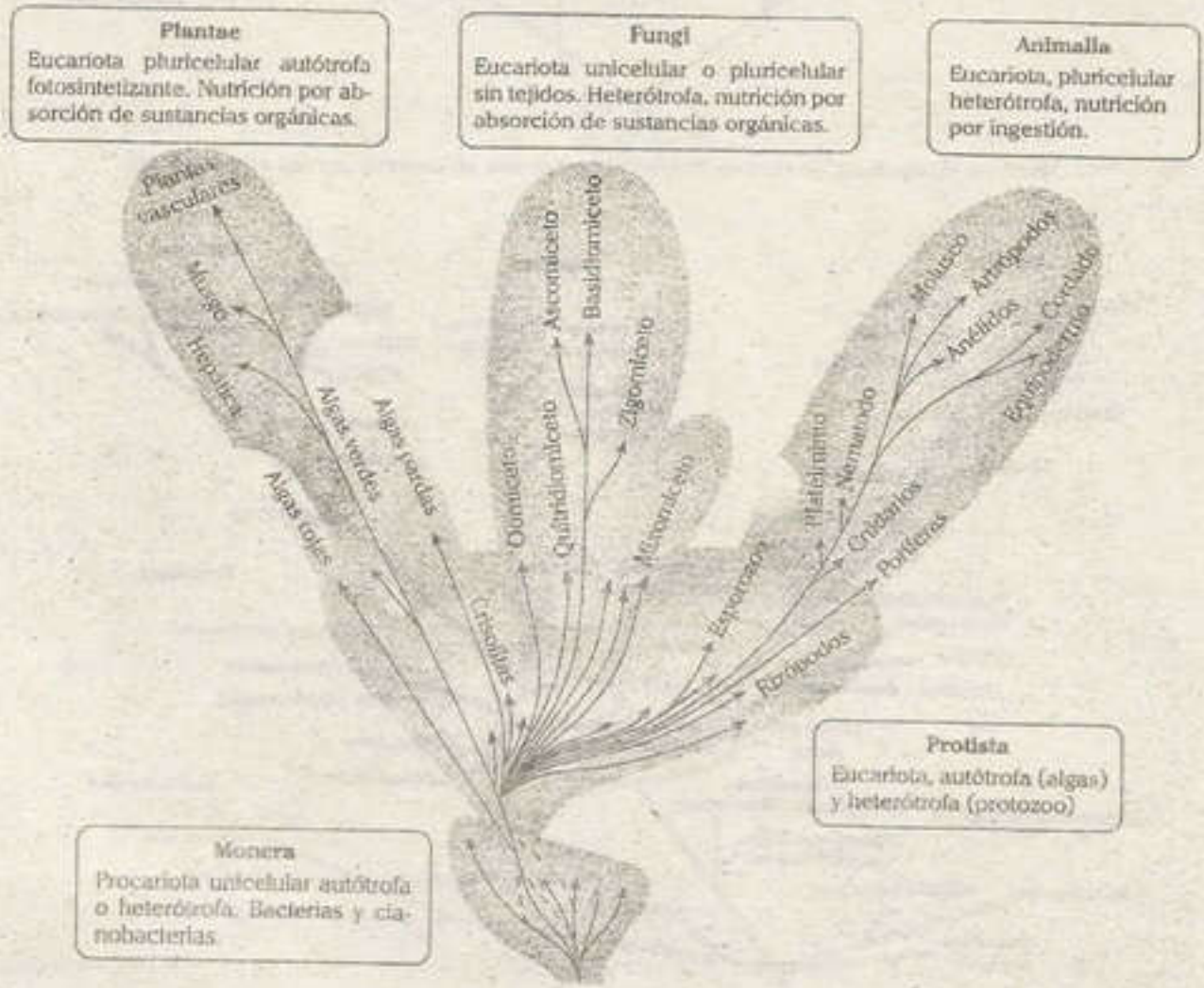
a. Hasta mediados del siglo XIX, los biólogos dividieron a los organismos en dos reinos: plantae y animalia. Después se hizo cada vez más evidente que muchos organismos no podían asignarse con facilidad al reino vegetal o al animal. Por ejemplo, el organismo unicelular *Euglena*, en algunas ocasiones se ha asignado al reino plantae y en otras al reino animalia, debido a que realiza la fotosíntesis en presencia de luz, pero en la oscuridad utiliza su flagelo para desplazarse en busca de alimento.

b. Fue el biólogo alemán Ernst Haeckel, en 1866, quien propuso el establecimiento del reino protista, para dar cabida a bacterias y otros microorganismos como *Euglena*, que no parecían encajar en el reino plantae ni en el reino animalia.

c. Luego el biólogo marino Chatton, en 1937, sugirió el empleo del término procariota para nombrar a las bacterias, y el término eucariota para describir todas las demás células.

d. Robert **Whittaker**, en 1969, propuso uno de los primeros sistemas filogenéticos: asignó las especies a **cinco reinos**. Utilizó las semejanzas y diferencias morfológicas, los modos de nutrición autótrofa o heterótrofa, la estructura celular procariota o eucariota y las características de desarrollo, como por ejemplo la presencia de tejidos. Con esta clasificación determinó las conexiones evolutivas.

e. A partir de la clasificación de Whittaker surge la propuesta de Lynn **Margulis** y **Schwartz**, basada en análisis moleculares. Esta propuesta es más filogenética y tiene la ventaja de hacer grupos más homogéneos. Cambia el reino protista por el protoctista, en el que incluye a protozoos, todas las algas (excepto las cianofíceas hoy denominadas cianobacterias) y a los hongos inferiores. Su sistema de clasificación comprende cinco reinos: monera (subreinos *Archaebacteria* y *Eubacteria*), protoctista, fungi, plantae y animalia.

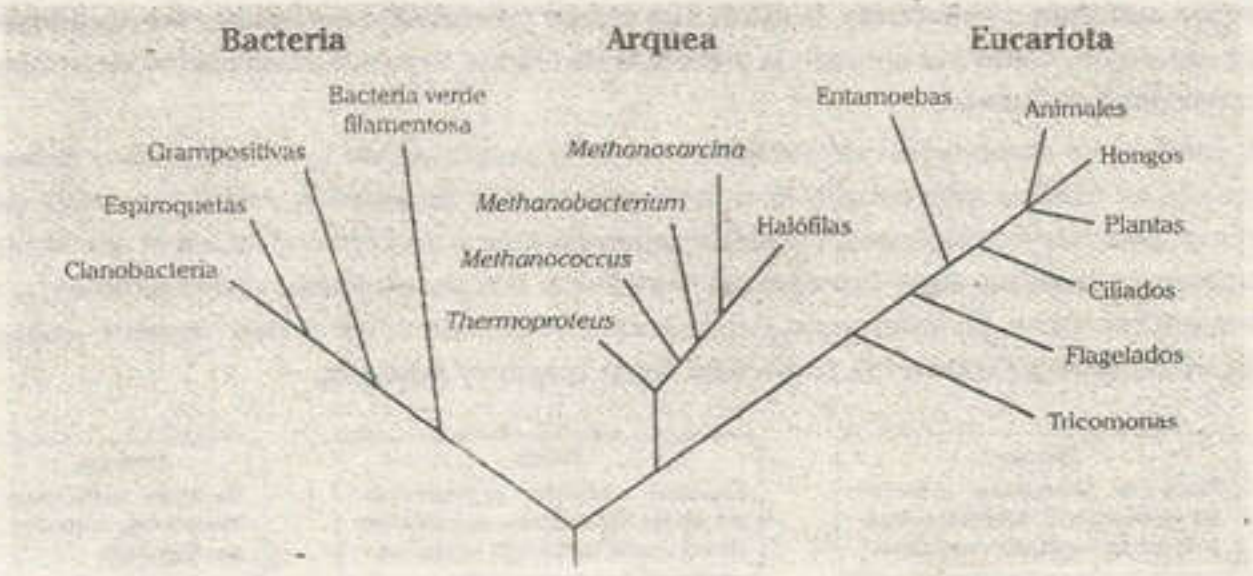


El sistema de cinco reinos se convirtió en un estándar muy popular y aún hoy constituye la base para nuevos sistemas propuestos.

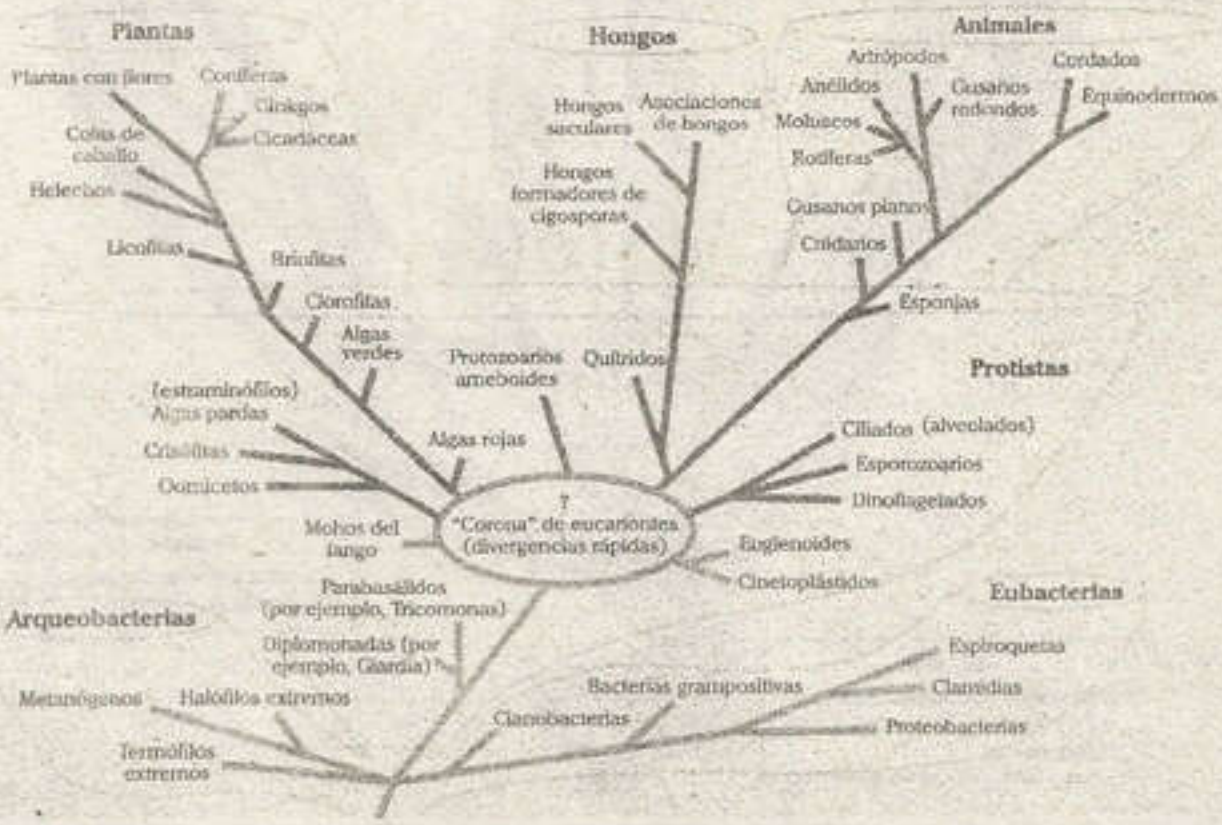
twitter.com/calapenshko

1.3. LOS TRES DOMINIOS Y SEIS REINOS DE LA NATURALEZA

El microbiólogo Carl Woese observó la composición química de la membrana celular y la pared celular del reino monera. Tras comparar las secuencias de bases del ARNr propuso dividir al reino monera en dos grupos principales: arqueobacterias y eubacterias. La evidencia de esta ramificación primordial ha dado paso a un sistema de tres dominios: *Bacterya* (eubacterias), *Archaea* (arqueobacterias) y *Eucarya* (eucariotas). Este sistema de clasificación implica la formación de seis reinos: arquea, *bacterya*, protistas, hongos, plantas y animales.



Sistema de clasificación de tres dominios, favorecido en especial por los microbiólogos.



Árbol evolutivo de los seis reinos de la naturaleza

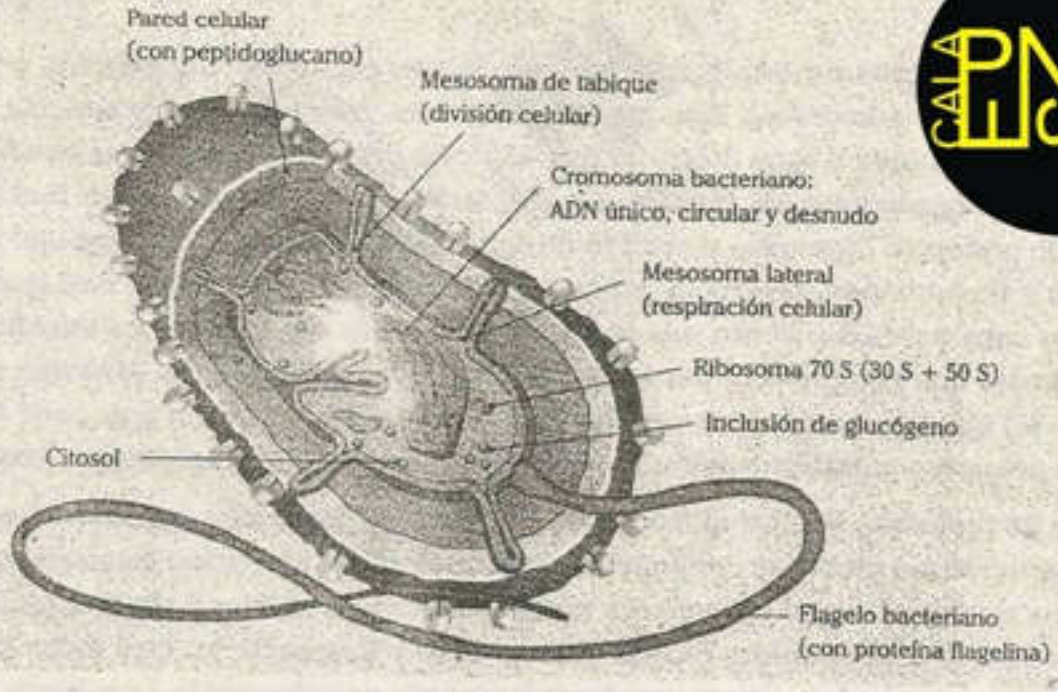
2. Cinco reinos de la naturaleza

2.1. Reino Monera

2.1.1. Características generales

El reino monera incluye organismos procariotas (del griego *pro*, antes; y *carion*, núcleo), comúnmente conocidos como bacterias. Este reino no presenta núcleo u otro compartimento que esté recubierto de membrana que aísle los eventos metabólicos. Debido a esto las reacciones químicas tienen lugar en el citoplasma o la membrana celular. La síntesis de proteínas ocurre en los ribosomas 70 S que se encuentran distribuidos en todo el citoplasma. La membrana celular está rodeada por una pared celular que contiene peptidoglicano o mureína, la cual ayuda a la bacteria a conservar su forma y no haga lisis cuando la presión del líquido interno aumente. La membrana celular presenta invaginaciones denominadas mesosomas, las cuales se utilizan en la respiración y división celular. Unas especies presentan pilis o fimbrias, que ayudan a las bacterias a adherirse a las superficies y a unirse entre ellas previas a la conjugación bacteriana, lo cual es un tipo de transferencia horizontal de genes.

Estructura celular bacteriana



2.1.2. Clasificación

Eubacterias

Incluye a la mayoría de bacterias, las cuales poseen ácidos grasos en su membrana plasmática a diferencia de las arqueobacterias. Según su nutrición se presentan: fotoautótrofas, bacterias aeróbicas que realizan fotosíntesis, como por ejemplo las cianobacterias; quimioautótrofas, bacterias que intervienen en los ciclos del nitrógeno, azufre y otros nutrientes; y quimioheterótrofas, que incluyen a la mayoría de eubacterias, como por ejemplo *Lactobacillus*, *E. coli*, *Rhizobium*, y bacterias patógenas como *Pseudomona*, *Clostridium*, *Bacill...* entre otras.

Incluye bacterias con características singulares en su composición, estructura, metabolismo y secuencia de ácidos nucleicos. Incluye a tres grupos: termófilas extremas, bacterias anaerobias obligadas que viven en manantiales cálidos ricos en azufre; metanógenas, bacterias anaerobias obligadas que viven en hábitats libres de oxígeno como pantanos e intestino de termitas y mamíferos; y halófilas extremas, bacterias que viven en hábitats con altas concentraciones de sal, que realizan fotosíntesis como vía para la formación de ATP.

twitter.com/calapenshko

El reino protista es un grupo denominado "cajón de sastre" debido a que incluye a todos aquellos microorganismos eucariotas que no pueden clasificarse dentro de alguno de los otros tres reinos eucarióticos. No es un grupo monofilético, esto significa que no todos los organismos incluidos en el reino protista han evolucionado a partir de una población ancestral común, ni todos los descendientes de ese ancestro están incluidos en el grupo. Incluye a protozoos y algas.

Los protozoos o protozoarios son organismos unicelulares eucariotas; heterótrofos, a veces mixótrofos (parcialmente autótrofos); que habitan ambientes húmedos o directamente en medios acuáticos de agua salada o agua dulce. Su reproducción puede ser asexual por bipartición y también sexual por isogametos o por conjugación intercambiando material genético. Incluye un grupo denominado protozoos flagelados o mastigóforos, formados por organismos con uno o más flagelos. *Giardia* y *Trichomonas* son grupos antiguos de flagelados los cuales son casi siempre parásitos. Muchos otros flagelados llevan vida libre y solitaria. Estos son sedentarios mientras que otros forman colonias que comprenden desde pocos hasta miles de individuos. Abundan en las aguas dulces y en las saladas, donde, junto con las algas diatomeas, constituyen gran parte del alimento de algunos pequeños animales acuáticos. Cierto número de especies habitan en el suelo.

Otro grupo de protozoos son los **sarcodinos** o **ameboides**, los cuales perdieron sus estructuras móviles y se movilizan mediante corrientes citoplasmáticas y la formación de seudópodos ("falsos pies"). Estos seudópodos son extensiones citoplasmáticas reversibles y dinámicas. Un grupo de ameboides son los rizópodos que incluye a las amebas y foraminíferos. Casi todos los rizópodos son de vida libre que pueden alimentarse de otros protozoarios y bacterias. La mayoría de foraminíferos habita en el fondo del mar y cuentan con una concha externa y perforada, cuyas secreciones se endurecen con carbonato de calcio. Otro grupo de sarcodinos son los radiolarios y heliozoarios que incluyen a actinópodos, los cuales presentan numerosos seudópodos delgados y reforzados que irradian de su cuerpo.

El reino protista incluye también a protozoos **ciliados**, los cuales tienen delgados sacos membranosos bajo sus membranas externas, que sirven para estabilizar la superficie de la célula. Muchos ciliados tienen numerosos cilios en la superficie, los cuales usan en la locomoción en ambientes de agua. El *Paramecium* es un típico representante del grupo ciliados.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

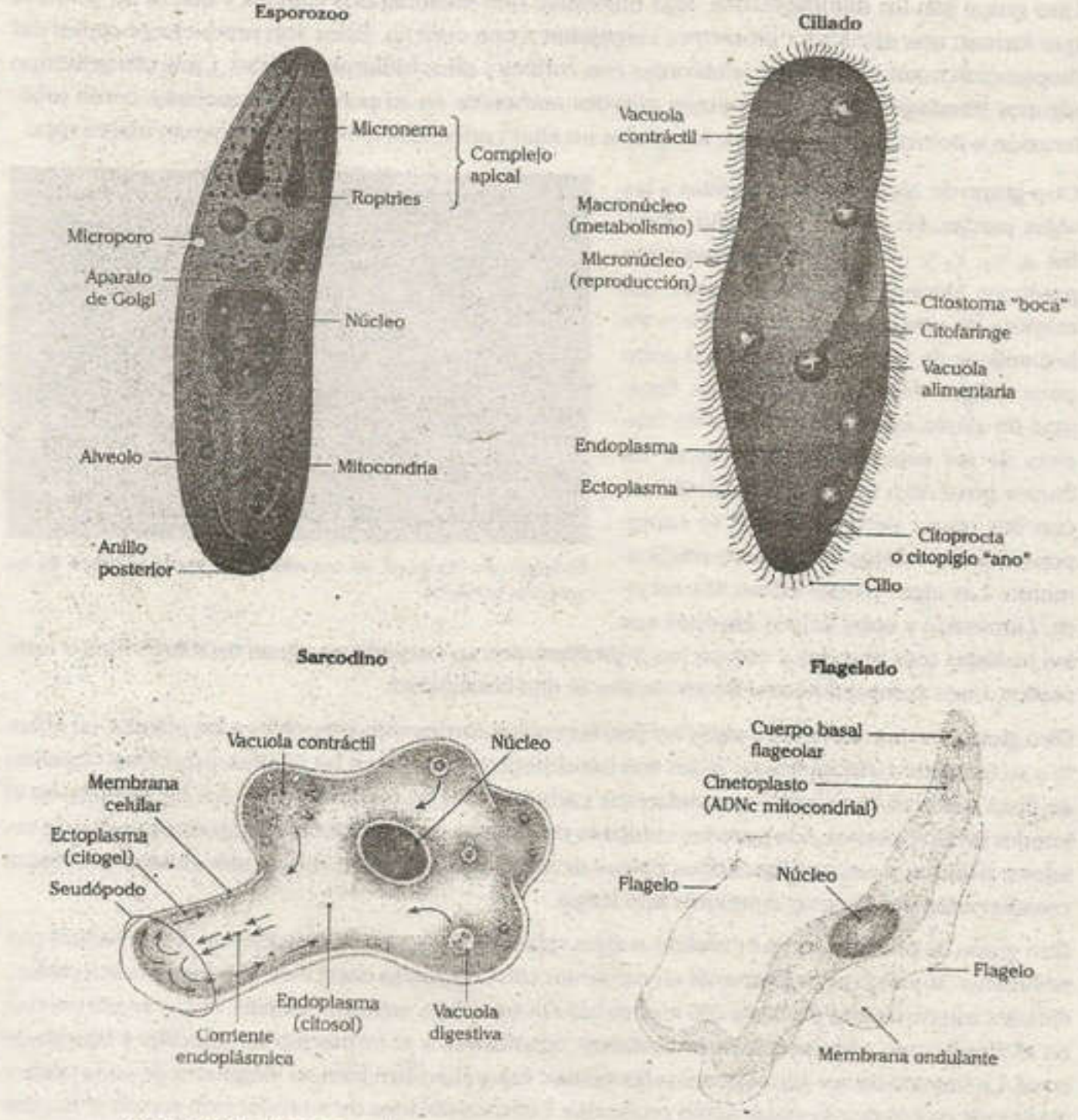
Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Otro grupo del reino protista son los **apicomplexa** o esporozoos, los cuales son parásitos que llevan una parte del ciclo vital en el interior de células de organismos huéspedes. Estos organismos forman esporozoitos, un tipo de etapa infecciosa con movilidad. Algunos esporozoos forman quistes. En un extremo del cuerpo celular se encuentra un complejo de estructuras distintivas que ayudan a penetrar en las células del huésped. El esporozoo *Plasmodium* es trasmitido por los mosquitos hembras del género *Anopheles* hacia los huéspedes humanos. El esporozoo *Toxoplasma* utiliza a los gatos domésticos y salvajes como huéspedes definitivos.



Los protozoos existen en ambientes acuosos y en el suelo, ocupando una gama de niveles tróficos.

Algas

Son todos aquellos protistas con capacidad de fotosíntesis. Incluye entre otros a los euglenoides, los cuales son organismos unicelulares de vida libre que abundan en agua dulce. La mayoría son mixótrofos (holofítico porque produce su propio alimento por fotosíntesis, y holozoico por alimentarse de materia orgánica ya elaborada). Estos presentan cloroplastos con clorofila a y b, así como carotenoides; sin embargo, presentan dos flagelos y una vacuola contráctil, como la mayoría de los protozoarios flagelados.

Otro grupo son los dinoflagelados, alga unicelular que presenta dos flagelos y placas de celulosa que forman una estructura protectora semejante a una concha. Estos son productores claves del fitoplancton marino; otros son simbiontes con corales y otros bioluminiscentes. Cada cierto tiempo algunos dinoflagelados experimentan grandes aumentos en su población conocidos como proliferación o florecimiento de algas, los cuales en altas concentraciones se denominan marea roja.

Otro grupo de algas son las crisofitas y las algas pardas, las cuales presentan clorofila a, c_1, c_2 y un pigmento carotenoide parduzco denominado fucoxantina. La mayoría de crisofitas son unicelulares fotosintéticas de vida libre e incluyen entre otros a algas doradas y diatomeas. Escamas de silicio cubren las células de muchas de las especies de diatomeas, las cuales presentan una concha de silicato con dos partes perforadas que se superponen como en una cápsula de medicamento. Las algas pardas como *Macrocystis*, *Laminaria* y otros kelpos gigantes son los protistas más grandes y complejos, y proliferan en su mayoría en aguas de mares fríos o templados. Unos compartimentos llenos de aire le dan flotabilidad.

El *Sargassum* "sargazo" es una macroalga parda presente en los arrecifes coralinos.

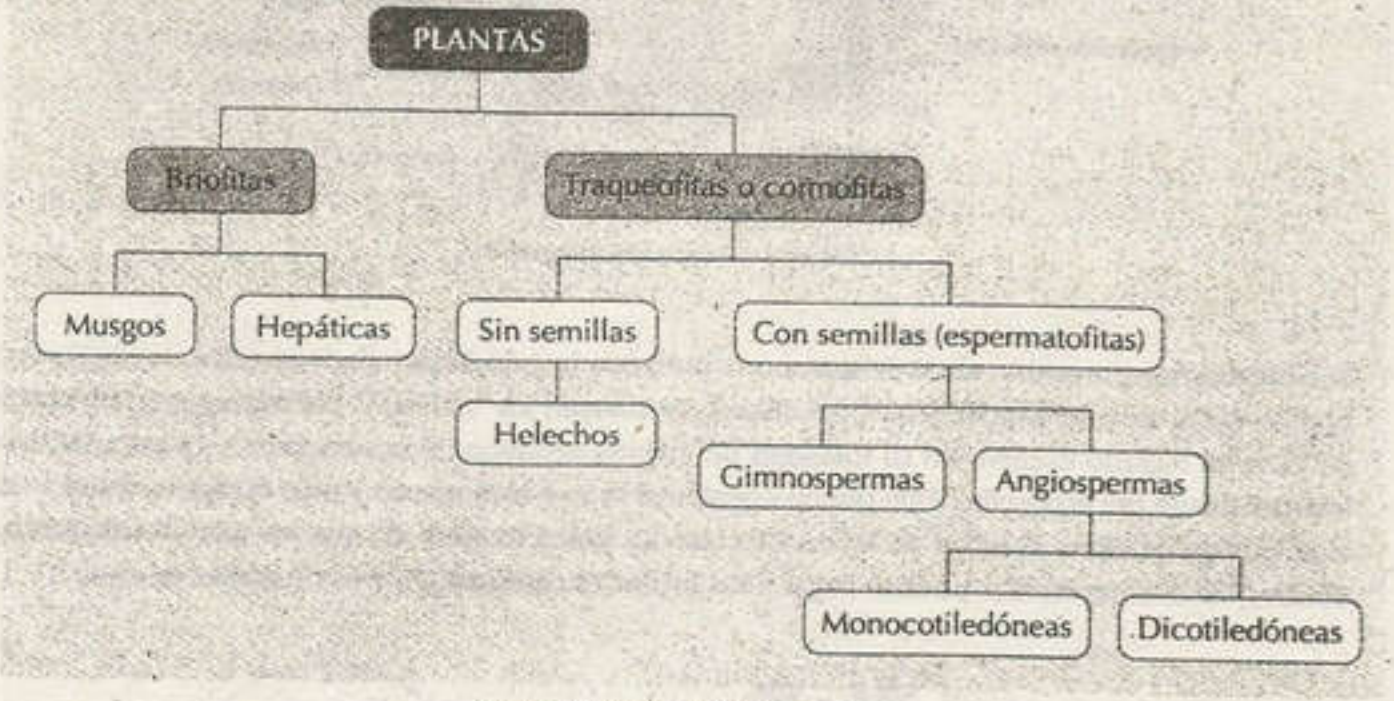
Otro grupo son las clorofitas o algas verdes, las cuales son las más parecidas a las plantas, en cuanto a su estructura y bioquímica. Todas son fotosintéticas y, como en las plantas, presentan clorofilas de tipos moleculares a y b; y acumulan sus carbohidratos en forma de gránulos de almidón en el interior de cloroplastos. Las paredes celulares de algunas de sus especies están compuestas de celulosa, pectinas y otros polisacáridos típicos de vegetales. Las algas verdes unicelulares presentan comúnmente dos flagelos anteriores tipo látigo.

Otro grupo de protistas son las rodofitas o algas rojas, las cuales en su mayoría son algas marinas pluricelulares. Abundan principalmente en corrientes cálidas y mares tropicales, con frecuencia a profundidades sorprendentes de hasta 265 metros bajo la superficie en aguas limpias. Pocas se encuentran en el fitoplancton y algunos tipos incrustantes contribuyen a la formación de arrecifes y bancos de coral. La mayoría de sus pigmentos son ficobilinas. Estas absorben bien las longitudes de onda verde y azul-verde que penetran en las aguas profundas. Las modalidades de reproducción son diversas, con fases sexual y asexual complejas. Un representante de las algas rojas es *Gigartina chamissoi* "yuyo".

2.3. REINO PLANTAE

2.3.1. Características generales

El reino plantae incluye, con raras excepciones, organismos fotoautótrofos pluricelulares con clorofila a y b como principales pigmentos fotosintéticos. Por esto se asemejan a las algas verdes; pero la mayoría de las plantas existentes viven en tierra firme. Diversos aspectos de la estructura de las plantas se correlacionan con la absorción de luz solar, agua e iones minerales y la conservación de agua. Los tejidos reforzados de lignina ayudan al crecimiento vertical. Sus sistemas de raíces les permiten obtener agua e iones del suelo y sus tejidos internos transportan el agua y los solutos a todas las células vivas. Las adaptaciones reproductivas ayudan a las plantas a tolerar los periodos de sequía. Durante su ciclo de vida, el esporofito desarrolla raíces, tallo y hojas y forma gametos. Conserva sus gametos aportándoles agua y nutrientes. También se dispersan en cada nueva generación de manera adecuada a las condiciones que prevalecen en su hábitat. Incluye plantas avasculares y vasculares.

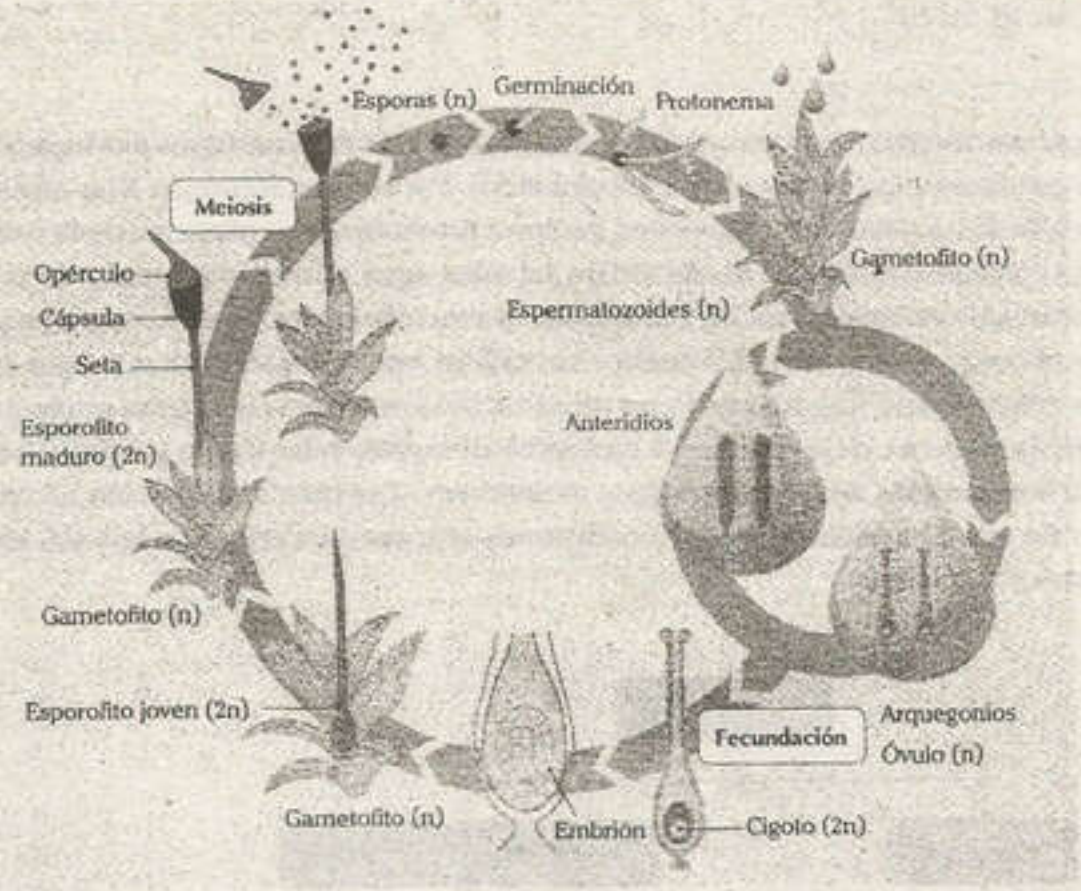


Clasificación general del reino plantae.

2.3.2. Clasificación

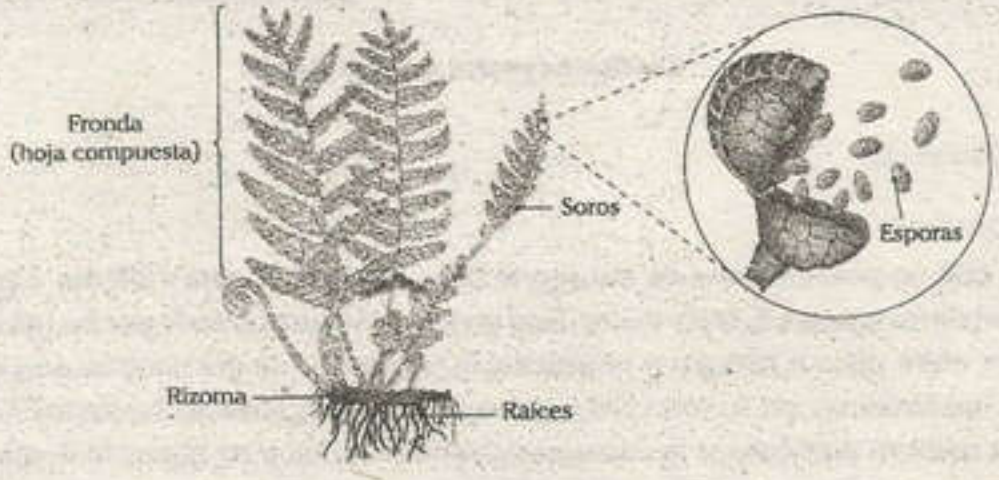
Plantas avasculares

Son plantas que no poseen vasos de transporte tales como el floema y xilema. Las partes de esta planta son similares a hojas, tallos y raíces. Este grupo está representado por las briofitas modernas, que incluyen entre otros a musgos y hepáticas. Estas plantas se encuentran adaptadas principalmente para desarrollarse en su totalidad o por estaciones en hábitats húmedos. Los musgos son sensibles de manera particular a la contaminación ambiental y en regiones donde la calidad del aire es mala son escasos o no se observan. Miden menos de 20 cm de alto.



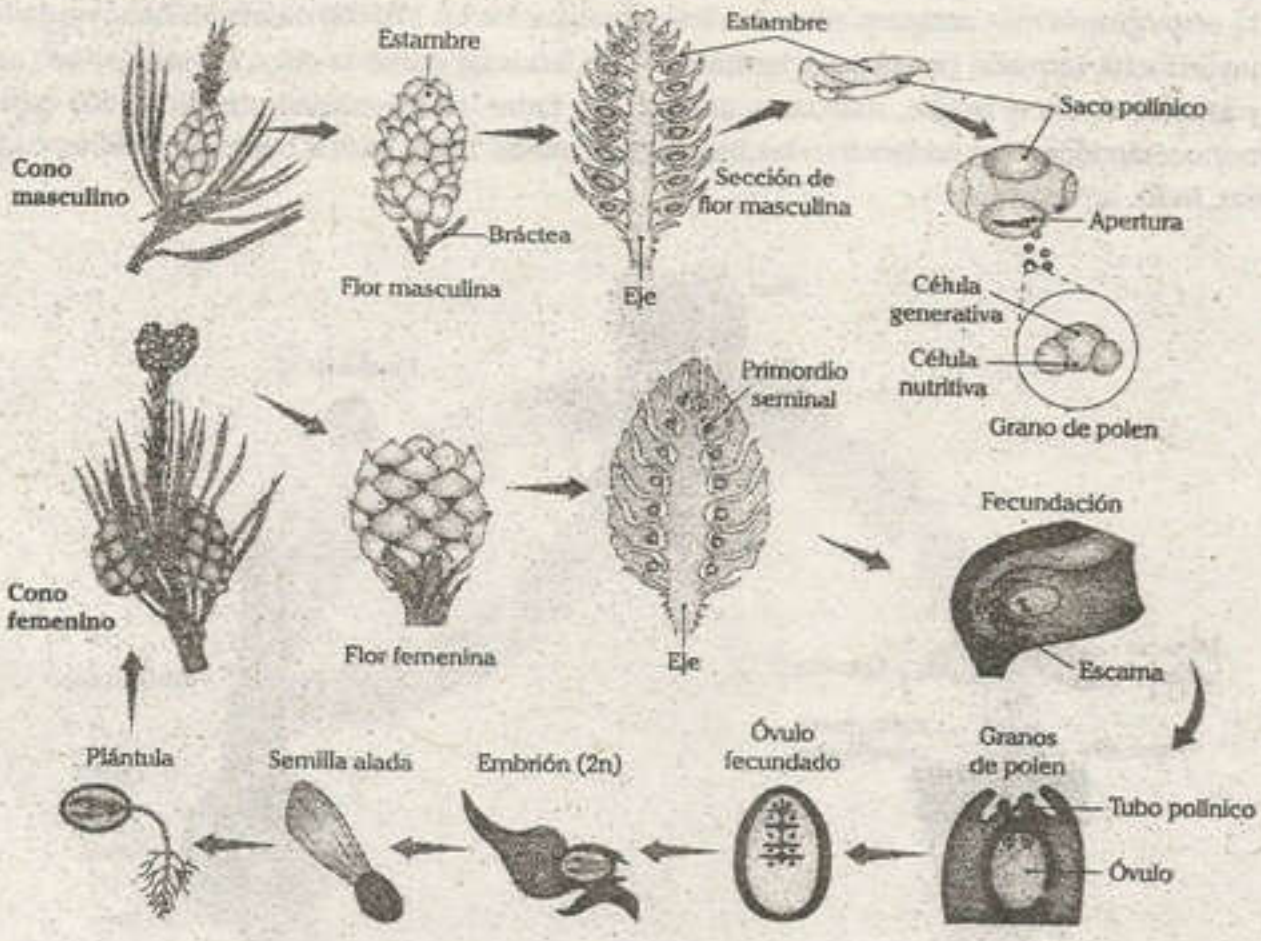
Ciclo vital de las plantas avasculares

Son plantas que presentan vasos de transporte pero que no han desarrollado semillas. Incluye a licopodios, colas de caballo y helechos, los cuales constituyen los "anfibios" del reino vegetal. Ninguno de ellos ha logrado escapar en su totalidad del hábitat acuático de sus ancestros. El gametofito es independiente del esporofito. Este último constituye la fase más amplia y más duradera del ciclo de vida. Sus gametofitos carecen de tejido vascular. La única manera en que los gametos flagelados denominados anterozoides puedan llegar a los óvulos es nadando a través de gotitas de agua.



Estructura de plantas vasculares sin semilla: helechos.

Las plantas vasculares con semillas se diferencian en tres aspectos importantes de las anteriores: primero, producen microsporas que dan lugar a granos de polen, que son los gametofitos masculinos que contienen a los gametos masculinos o núcleos espermáticos. El grano de polen es una estructura que lleva los núcleos espermáticos hasta los óvulos, inclusive en épocas de sequía prolongada. La polinización es el nombre del proceso que consiste en la llegada de los granos de polen hasta las estructuras reproductivas femeninas y, gracias a ella, las plantas con semillas escaparon a la dependencia del agua para la fertilización. Segundo, producen megasporas que se desarrollan en el interior de óvulos, los cuales son estructuras reproductivas femeninas que en la madurez se transforman en semillas. Cada óvulo consta de un gametofito femenino, tejidos ricos en nutrientes, y una cubierta de una capa de células que dará lugar al recubrimiento de las semillas. Este grupo de plantas incluye a las gimnospermas y angiospermas.



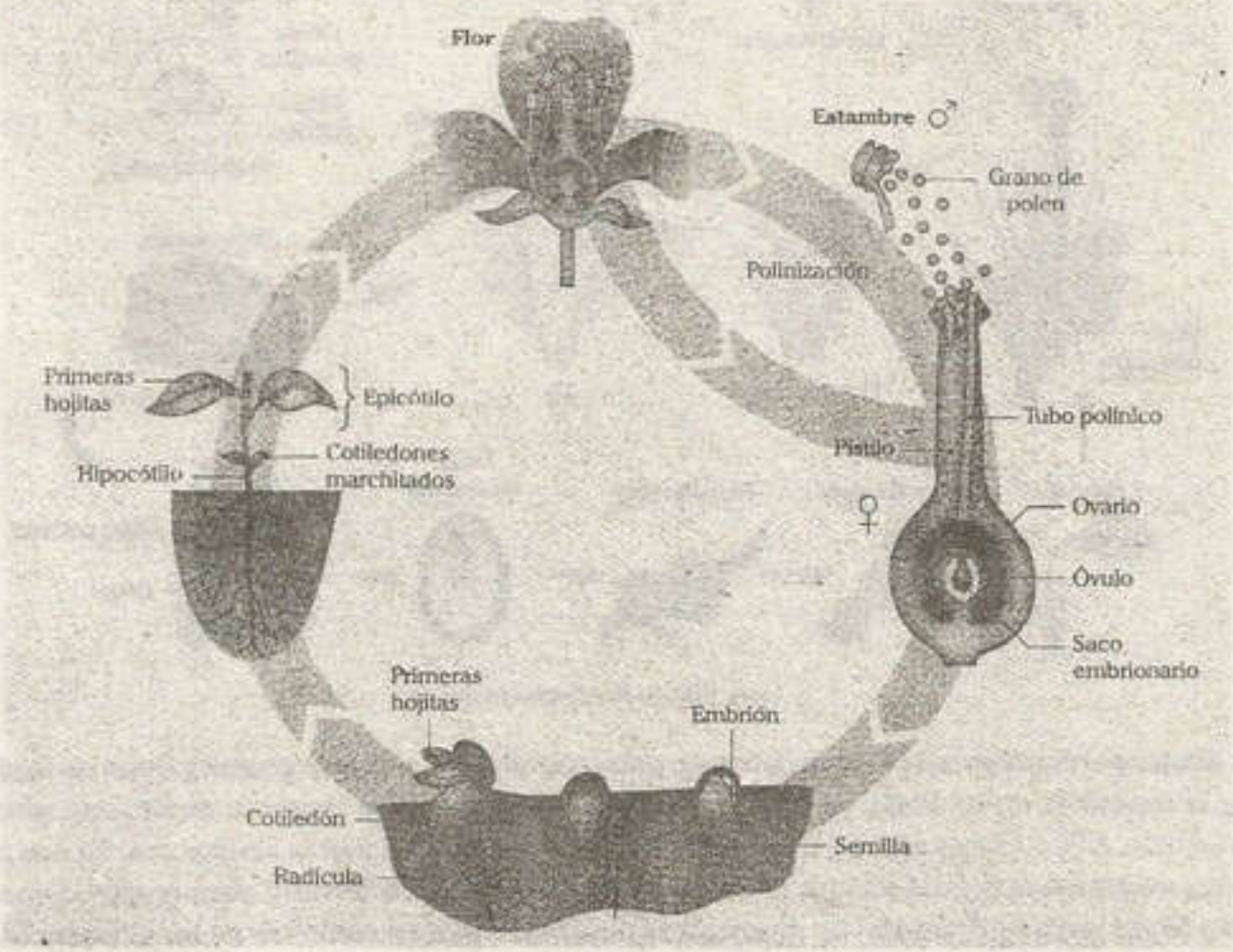
Ciclo vital de planta gimnosperma

Las gimnospermas tienen la característica de presentar una cutícula más gruesa y estomas ocultas bajo la superficie de las hojas, para la conservación de agua. Estos rasgos le dieron una ventaja competitiva en los climas secos y fríos, cuando desaparecieron las tierras pantanosas. En ese momento, evolucionaron estas plantas que incluyen a cicadáceas, coníferas y otros grupos menores como *Ginkgoaceae* y *Gnetidae*. Lo que algunas personas conocen como era de los dinosaurios es conocido en botánica como era de las cicadáceas.

Plantas vasculares con semillas: angiospermas

Las plantas angiospermas (del griego *angion*: vaso; y *sperma*, semilla) hacen referencia a que sus óvulos y, posteriormente, sus semillas están encerrados por la hoja fértil portadora de los óvulos o carpelo. Casi todas las angiospermas coevolucionaron con polinizadores tales como insectos, murciélagos, aves y otros animales. Debido a que los animales funcionan como polinizadores y dispersores de semillas, las plantas con flores han tenido tal predominio y han dominado la Tierra durante 100 millones de años. Su tamaño varía desde las hierbas (que miden cerca de 1 milímetro de longitud) hasta los enormes eucaliptos y secuoyas de 120 metros de alto. Ciertas especies poco comunes como la cuscuta y la pipa de indio, ni siquiera realizan la fotosíntesis ya que obtienen nutrientes de otras plantas o a partir de micorrizas.

Las monocotiledóneas y las dicotiledóneas verdaderas son dos de los tres grupos principales de plantas con flores. Otros grupos incluyen las magnólidas (como la magnolia, palta, nuez moscada, etc.) y otros grupos más antiguos como los lirios de agua. De las 170 000 dicotiledóneas verdaderas, la mayoría está formada por plantas herbáceas (no leñosas) como la col o las margaritas; arbustos y árboles como el maple, manzano, cactus, etc. Entre las aproximadamente 80 000 especies de monocotiledóneas se encuentran las orquídeas, palmas, lirios, pastos como el centeno, caña de azúcar, maíz, arroz y trigo.



Ciclo vital de planta angiosperma

El reino fungi incluye organismos heterótrofos y saprofitos con nutrición absortiva osmótrofa, esto es, secretan enzimas digestivas y después obtienen los nutrientes por absorción osmótica de las sustancias disueltas producto de la descomposición de la materia orgánica; algunos son parásitos y extraen nutrientes de los tejidos de huéspedes vivos. La mayoría también son pluricelulares, con micelio formado por una serie de filamentos denominados hifas, los cuales absorben el alimento. Los hongos se reproducen en forma asexual con mayor frecuencia. Sin embargo, también se reproducen por vía sexual cuando se presenta la oportunidad. A partir de hifas modificadas se forman numerosas esporas no móviles. En las especies pluricelulares, cada espora da lugar a un micelio. Las redes de hifas tienen una buena proporción superficie-volumen y crecen con rapidez sobre la materia orgánica o dentro de ella. Las células de las hifas tienen paredes reforzadas de **quitina**. Su citoplasma se interconecta, de modo que los nutrientes pueden fluir por el micelio sin impedimento. Muchos hongos presentan asociaciones mutuamente benéficas como los líquenes, que son asociaciones vegetales de hongos con algas, y las micorrizas, que son asociaciones de hongos y raíces jóvenes de plantas terrestres. Otros forman relaciones de amensalismo como el caso del hongo *Penicillium*. Un grupo de hongos, los denominados "hongos imperfectos" o deuteromicetos, no constituyeron un grupo taxonómico formal; es por eso que hoy en día a la mayoría se los agrupa en los ascomicetos.

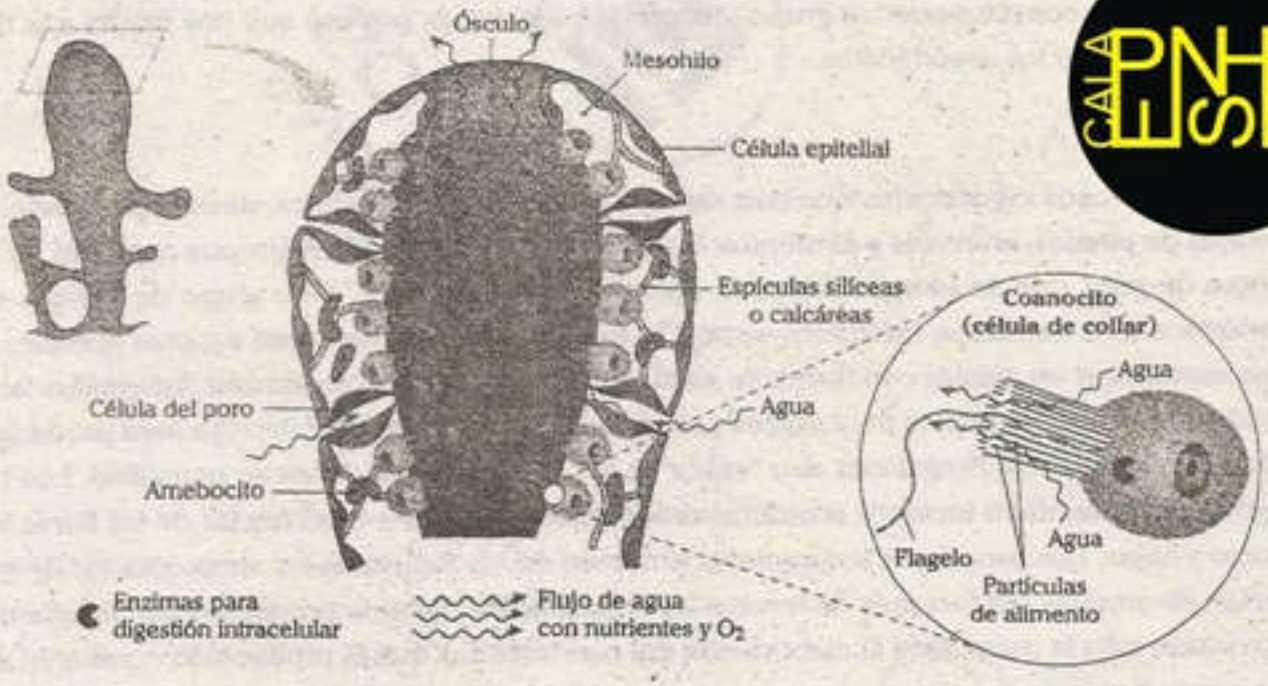
Limoreras Editores

Incluye a hongos cigomicetos que son saprofitos que viven en la tierra, descomponiendo los desechos de plantas, animales y alimentos almacenados. Por ejemplo, *Rhizopus nigricans*, el "moho negro de pan" que se forma sobre este cuando se descompone. Otro grupo de hongos son los ascomicetos o saculares, los cuales son en su mayoría pluricelulares con esporas sexuales llamadas ascosporas en células con forma de saco denominada asca. Por ejemplo, *Aspergillus* fabrica el ácido cítrico que se emplea para dulces y refrescos, y fermenta el frijol de soya para producir sillao. Algunas especies de *Penicillium* dan "sabor" a los quesos y otros fabrican penicilina. Los hongos ascomicetos también incluyen levaduras unicelulares que viven en el néctar de las flores y sobre frutos y hojas. Los panaderos y viticultores emplean en sus industrias los subproductos de fermentación de amplias poblaciones de levaduras. El dióxido de carbono producido por *Saccharomyces cerevisiae* infla la masa para la elaboración del pan mientras que la producción comercial de vino y cerveza depende del etanol, que es su producto final. Sin embargo, la levadura *Candida albicans* da lugar a infecciones muy molestas en el humano.

Otro grupo de hongos son los basidiomicetos u hongos tipo maza, los cuales incluyen hongos comestibles o setas, hongos de repisa, royas y carbones. Algunas especies son saprofitas descomponedoras de los desperdicios debajo y sobre la tierra. Otras especies son simbiontes de las raíces jóvenes de árboles. Los carbones o tizones a menudo destruyen cosechas enteras de trigo, maíz y otras plantas valiosas.

El reino animal incluye organismos heterótrofos pluricelulares aerobios que ingieren o parasitan a otros organismos. Casi todos ellos tienen tejidos, órganos y sistemas de órganos, y en su mayoría son móviles por lo menos durante una parte de su ciclo de vida. Los animales se reproducen por vía sexual, y algunos también por vía asexual. Sus embriones se desarrollan a través de una serie de etapas continuas. Los animales incluyen dos grupos: parazoos y eumetazoos.

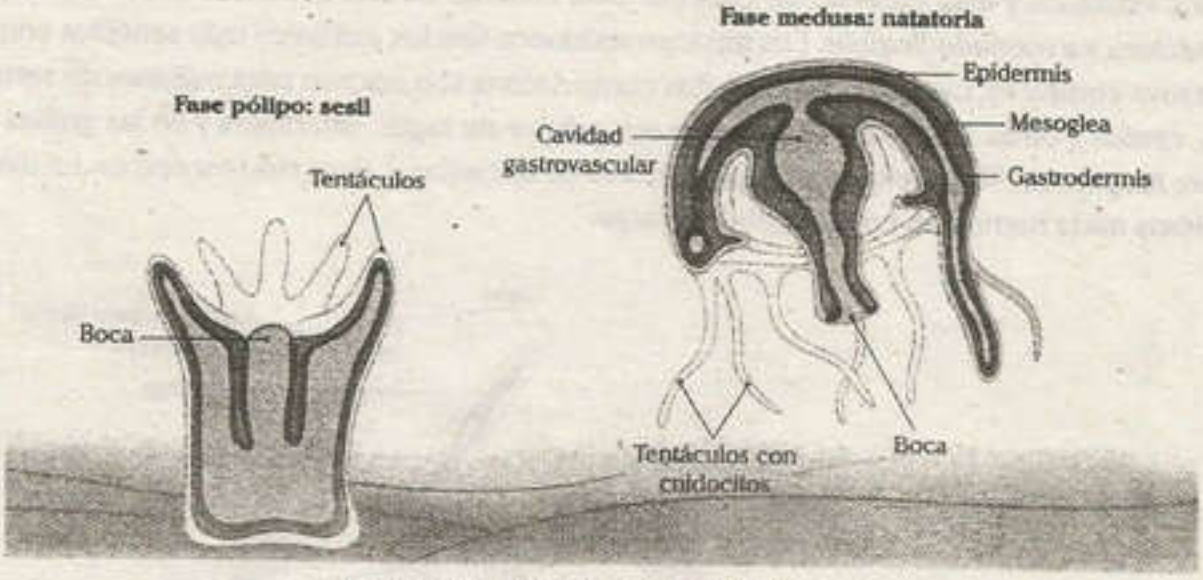
Incluyen organismos denominados poríferos o esponjas, los cuales son fijos o sésiles y carecen de simetría y de tejidos propiamente dichos. Por lo general, su cuerpo se hace rígido gracias a fibras resistentes de proteína y espículas de carbonato de calcio o sílice. El agua ingresa al cuerpo de las esponjas a través de muchos poros y cámaras microscópicas y después sale por uno o más canales exhalantes grandes denominados ósculos. Para ello, las células coanocitos baten sus flagelos para atrapar los alimentos, llevándolos a las células amebocitos del mesohilo para ser descompuestas, almacenadas y distribuidas en forma más amplia. Gran parte de las esponjas se reproduce por vía sexual y algunas por vía asexual mediante gémulas y por fragmentación.



Estructura interna de esponja de mar

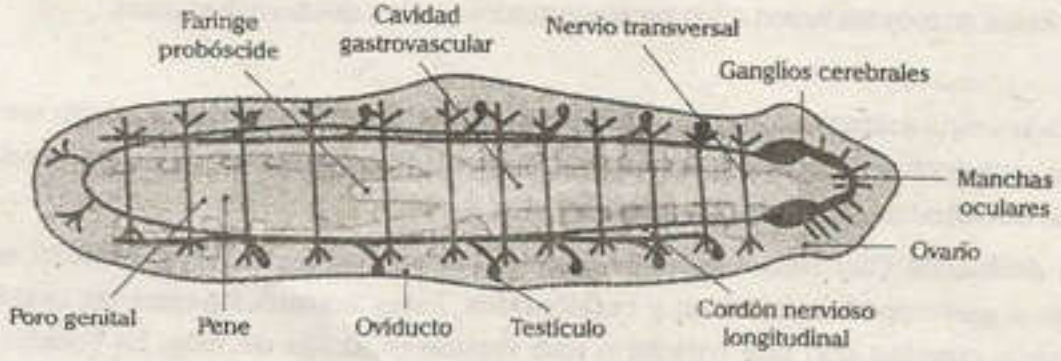
Los animales eumetazoos son aquellos que presentan tejidos propiamente dichos. Incluye a organismos diploblásticos y triploblásticos. Los diploblásticos son animales que tienen solo dos hojas embrionarias: ectodermo y endodermo, careciendo de mesodermo. Incluye a celentéreos, hoy divididos en cnidarios y ctenóforos. Los cnidarios son animales radiales con tentáculos y la mayoría vive en el mar. Incluye a escifozoos (medusas), antozoos (anémonas) e hidrozoos (hidras).

Presentan nematocistos con hilos que liberan sustancias pegajosas para atrapar presas. Las medusas nadadoras y el pólipo de vida fija en sustrato son los planes de organización corporal más comunes. Ambos presentan intestino en forma de saco y una "red nerviosa" formada por células nerviosas que interaccionan entre sí.



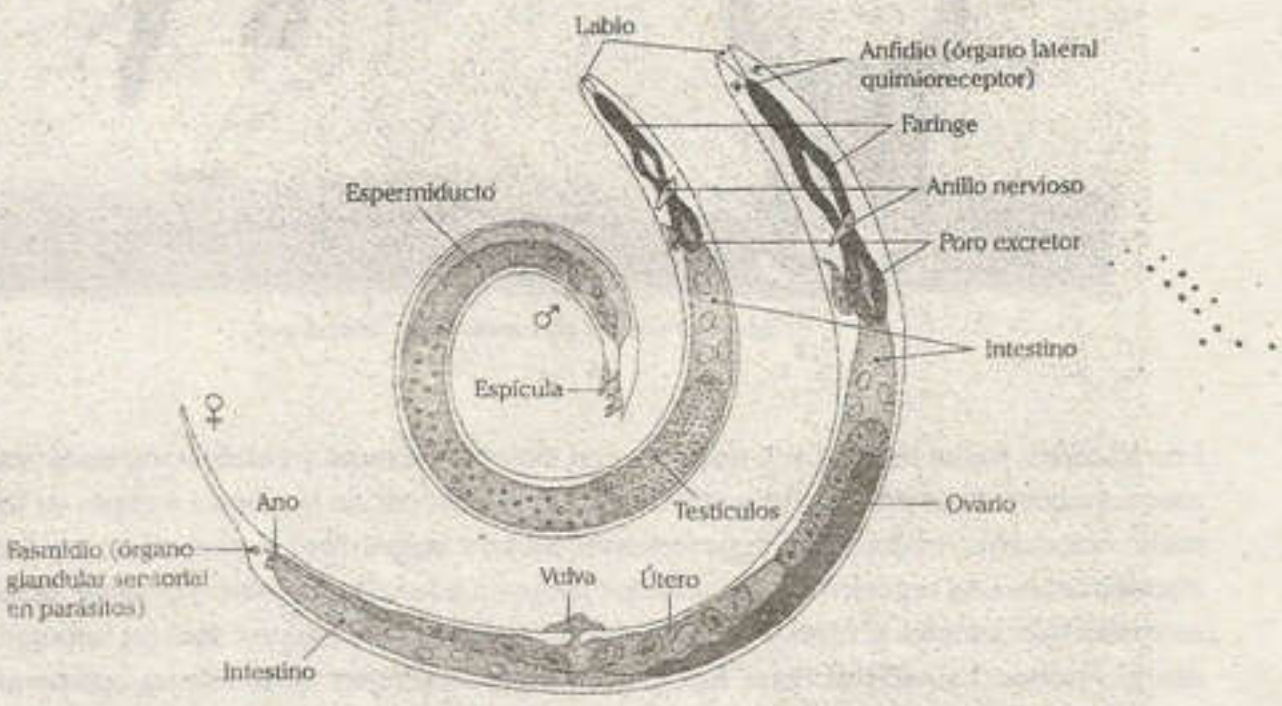
Estructura de pólipo y medusa en celentéreos

Los animales triploblásticos son aquellos con simetría bilateral y cefalización en la mayoría de los casos, en cuyo desarrollo embrionario temprano se diferencian tres hojas o capas de tejido embrionario: ectodermo, endodermo y mesodermo. Incluye organismos acelomados, seudocelomados y eucelomados. Los organismos acelomados incluyen a los platelmintos o gusanos planos como los animales más simples al nivel de construcción de sistema de órganos. Incluye turbelarios, tremátodos y céstodos. La mayoría tiene sistemas de órganos simples dentro de un cuerpo plano. El aparato digestivo consta de una faringe muscular y un intestino sacular, a menudo con ramificaciones. Las especies difieren por sus sistemas reproductivos. En su mayoría, estos organismos presentan reproducción sexual tipo hermafrodita, o sea, tienen gónadas tanto masculinas como femeninas, incluyendo un pene como estructura para suministrar espermatozoides.



Estructura interna de platelmintos

Los seudocelomados son un grupo de organismos cuya cavidad general denominada seudoceloma no es de origen mesodérmico. Este grupo incluye a los nematodos o gusanos redondos y los rotíferos. Los nematodos se desarrollan casi en cualquier sitio y quizá sean los animales más abundantes sobre la Tierra. El cuerpo cilíndrico de los gusanos redondos suele ser más angosto en los extremos y está cubierto de cutícula. Esta cutícula es una cobertura del cuerpo resistente, protectora y a menudo flexible. Los gusanos redondos son los animales más sencillos con sistema digestivo completo. Las especies parásitas como *Ascaris* son nocivas para millones de seres humanos, cerdos y otros. Los rotíferos viven en agua dulce de lagos, estanques y en las gotitas de agua sobre las plantas. Todos ellos son depredadores de bacterias y algas microscópicas. La mayoría de rotíferos mide menos de un milímetro de largo.



Estructura interna de nematodo

Los animales celomados son poseedores de una cavidad denominada celoma, al menos durante las fases embrionarias. En estos animales el mesodermo se ahueca formando una cavidad general interna. Estos grupos incluyen a los protostomados y a los deuterostomados.

a.

Se denomina animales protostomados a aquellos donde la boca del adulto deriva del blastoporo embrionario; y donde el sistema nervioso es una estructura doble y ventral. Incluye entre otros a moluscos, anélidos y artrópodos.

Los **moluscos** (del latín *molluscus*, suave) tienen cuerpo suave y carnoso e incluye entre otros a gasterópodos, bivalvos y cefalópodos. Estos animales tienen un celoma pequeño y muchos cuentan con una concha o una versión reducida de esta. La concha está formada de carbonato de calcio y proteínas secretadas por el manto, que es un tejido que envuelve la

masa del cuerpo. Los gasterópodos (del griego *gaster*, estómago; y *poda*, pie) incluyen a caracoles y babosas, y su nombre se refiere a la manera en que el pie del molusco se extiende cuando este se arrastra. Presentan un pie carnoso y rádula, que es una lengua con dientes quitinosos que raspa los alimentos. Los cefalópodos son depredadores marinos activos e incluye a calamares y pulpos. Tienen un cerebro complejo, con ojos y tentáculos.

Los **anélidos** (del latín *annellum*, anillo) tienen el cuerpo dividido en segmentos repetitivos. Su segmentación es muy pronunciada. El grupo incluye a las lombrices de tierra u oligoquetos, que presentan pocas quetas o cerdas, reforzadas con quitina sobre cada lado del cuerpo y que suministran tracción para arrastrarse. Otro grupo son los poliquetos o lombrices marinas, que por lo general tienen muchas quetas. Un tercer grupo lo forman las sanguijuelas o hirudineos, que presentan quijadas aguzadas y un dispositivo para succionar sangre.

Los **artrópodos** son desde el punto de vista evolutivo, los de mayor "éxito". De los cuatro linajes, los trilobites se encuentran extintos. Los otros tres son los quelicerados (las arañas y sus parientes), los crustáceos (los cangrejos y los camarones) y los unirramianos (ciempiés, milpiés e insectos). Seis importantes adaptaciones contribuyen al éxito de los artrópodos, en general, y de los insectos, en particular: un exoesqueleto duro, apéndices articulados, segmentos fusionados y modificados, estructuras respiratorias especializadas, sistema nervioso y órganos sensoriales eficaces, y a menudo una división laboral en el ciclo de vida.

Se denomina animales deuterostomados a aquellos donde la boca del adulto no deriva del blastoporo embrionario. Incluye entre otros a los hemicordados, equinodermos y cordados. Los equinodermos (del griego *echino*, espina; *derma*, piel) incluyen entre otros a estrellas, erizos, pepinos, lirios de mar. La pared del cuerpo del equinodermo presenta varias espinas, espículas o placas rígidas de carbonato de calcio para la función de defensa. La mayoría de equinodermos tiene un esqueleto interno bien desarrollado formado de carbonato de calcio y otras sustancias secretadas por células especializadas. Los adultos presentan simetría radial mientras que sus larvas son bilaterales. Los equinodermos adultos carecen de cerebro, sin embargo, su sistema nervioso radial descentralizado le permite responder a los estímulos. Presentan el sistema vascular acuífero o aparato ambulacral, singular de los equinodermos y formado por una serie de canales que llevan el agua hacia pequeños pies ambulacrales, los cuales cambian de forma constantemente conforme la acción muscular, redistribuyendo un líquido denominado hidrolinfa, el cual sirve para diversas funciones, como locomoción, intercambio gaseoso, alimentación, fijación al sustrato y percepción sensorial.

Los **cordados** son animales con cinco características que los distinguen: una notocorda que se extiende a lo largo del cuerpo a manera de eje; un cordón nervioso tubular dorsal que se ensancha en el extremo anterior para formar el cerebro de los vertebrados; hendiduras branquiales faríngeas que comunican el exterior con la cavidad faríngea; el endostilo o glándula tiroides que secreta un moco que atrapa partículas alimenticias; y una cola posanal que proporciona movilidad. Incluye tres grupos: urocordados o tunicados, los cefalocordados y los vertebrados.

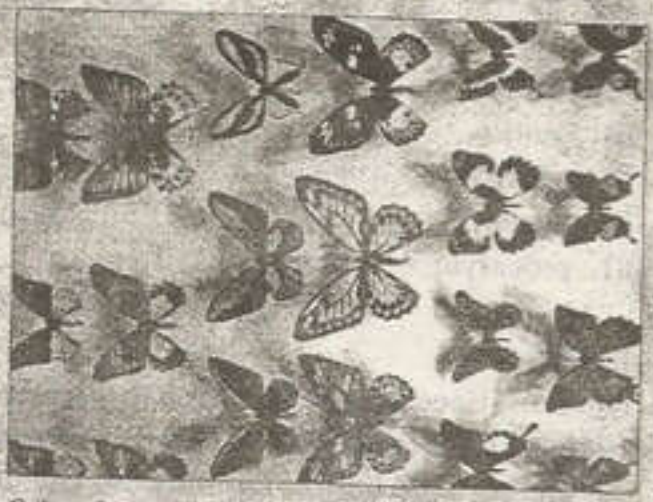
CUADRO RESUMEN DE LOS CINCO REINOS DE LA NATURALEZA

Cinco reinos		Célula	Uni o pluricelular	Nutrición	Característica
Monera	Eubacteria	Procariota	Unicelular	Autótrofa y heterótrofa	Descomponedores de la materia orgánica
	Arqueobacteria			Autótrofa y heterótrofa	De ambientes extremos
Protista	Protozoo		Unicelular	Heterótrofa	La mayoría con órganos de locomoción
	Alga		Unicelular, colonial y pluricelular	Autótrofa	Sin tejidos diferenciados
Fungi			Unicelular y pluricelular	Heterótrofa	Absorción osmótrofa de moléculas orgánicas
Plantae			Pluricelular	Autótrofa	Absorción osmótrofa de moléculas inorgánicas
Animalia			Pluricelular	Heterótrofa	La mayoría con órganos de locomoción

twitter.com/calapenshko

- CURTIS, Helena y N. Sue BARNES. *Biología*. Sexta edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2006.
- HICKMAN, Cleveland; ROBERTS, Larry; LARSON, Allan; l'ANSON, Helen y David EISENHOUR. *Principios integrales de zoología*. Decimotercera edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- SOLOMON, E.; BERG, L.; MARTIN, D. y C. VILLEE. *Biología*. Octava edición. México: McGraw-Hill Intera-mericana, 2008.
- STARR, Cecie; TAGGART, Ralph; EVERS, Christine y Lisa STARR. *Biología. La unidad y diversidad de la vida*. Décima edición. México D. F.: Editorial Thomson, 2004.

Orden de la diversidad



Colección de mariposas - Museo de Historia Natural de Toulouse

Los zoólogos han bautizado más de 1,5 millones de especies animales, y se describen miles más cada año. Algunos zoólogos creen que las especies conocidas hasta hoy constituyen solamente el 20% de la totalidad de animales vivos y menos del 1% de todos los que han existido en el pasado. A pesar de tales cifras, la diversidad animal no carece de límites. Muchas formas de animales no existen en la naturaleza, como se puede ver en los mitos del minotauro y los caballos alados. Los rasgos característicos del hombre y del toro nunca aparecen juntos, como lo hacen en el mítico Minotauro; ni los cuerpos de los caballos tienen alas de ave, como en el famoso Pegaso. El hombre, el toro, las aves y los caballos son diferentes grupos de animales, aunque comparten algunos caracteres importantes, como la posesión de vértebras y la homeotermia, que los distinguen de formas todavía más alejadas, como insectos o platelmintos.

Todas las culturas humanas clasifican sus animales familiares de acuerdo con distintos modelos en la diversidad animal. Estas clasificaciones tienen muchos y variados propósitos. En ciertas sociedades, los animales pueden clasificarse de acuerdo con su utilidad o perjuicio para la actividad del hombre; otros pueden agrupar a los animales según sus papeles mitológicos. Los biólogos reúnen a los animales según las relaciones evolutivas que se derivan de los modelos ordenados según los caracteres homólogos que comparten. Esta clasificación se denomina "sistema natural" que refleja las relaciones existentes entre los animales en la naturaleza, independientemente de la actividad humana. El zoólogo sistemático tiene tres objetivos principales: descubrir todas las especies animales, reconstruir sus relaciones evolutivas y, por último, clasificarlos de acuerdo con ellas.

HICKMAN. Zoología. Decimotercera edición. Madrid: Mc Graw Hill-Interamericana, 2006, pag. 222.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

El biólogo alemán Ernst Haeckel, en 1866, propuso el establecimiento de un tercer reino denominado

A) monera.
B) protista.
C) protoctista.
D) plantae.
E) procarya.

Resolución

Fue Ernst Haeckel quien en 1866 llamó al tercer reino protista y lo definió como el "primordial", el reino de las formas primitivas e intermedio entre los reinos animal y plantae.

Clave: B

Pregunta 2

Uno de los primeros sistemas filogenéticos de clasificación, asignó las especies a cinco reinos. Este sistema fue propuesto por

A) Whittaker
B) Chatton
C) Copeland
D) Linneo
E) Haeckel

Resolución

Fue Whittaker quien en 1969 propuso el sistema de los cinco reinos, que se convirtió en un estándar muy popular y que aún hoy se utiliza en muchas obras.

Clave: A

Pregunta 3

Una de las características exclusivas del reino monera es la presencia de

A) membrana celular.
B) pared celular.
C) mesosoma.
D) núcleo.
E) ribosoma 80 S.

Resolución

Los organismos del reino monera no presentan núcleo, pero presentan pared celular, ribosoma 70 S y exclusivamente mesosomas para la respiración y la división.

Clave: C

Pregunta 4

En algunas bacterias la presencia de ..... ayuda al proceso de transferencia de material genético.

A) mesosoma lateral
B) *pili*
C) cromosoma bacteriano
D) nucleoide
E) mesosoma de tabique

Resolución

Los *pili* son estructuras bacterianas que interconectan dos bacterias construyendo un puente que permite la transferencia de plásmidos entre las bacterias.

Clave: B

Lumbreras Editores

Pregunta 5

La mayoría de las bacterias, como por ejemplo las seudomonas, pertenecen al grupo de

A) fotoautótrofas.
B) quimioautótrofas.
C) quimioheterótrofas.
D) fotoheterótrofas.
E) fotolitótrofas.

Resolución

La nutrición bacteriana más importante es la quimioheterótrofa que tiene como fuente de energía las reacciones químicas y como fuente de carbono, la materia orgánica.

Clave C

Pregunta 6

La transferencia horizontal de genes juega un papel significativo en ..... de las bacterias.

A) la clasificación
B) la nutrición
C) el metabolismo
D) la microevolución
E) la reproducción

Resolución

La transferencia horizontal de genes es importante para la formación de nuevas variedades y, como consecuencia, la microevolución en bacterias.

Clave D

Pregunta 7

El microbiólogo Carl Woese propuso dividir a las células procariotas en dos grupos principales utilizando

A) la comparación de las secuencias de bases del ARNr.
B) los análisis filogenéticos.
C) la comparación de cromosomas.
D) la comparación de secuencias de ADN.
E) las comparaciones morfológicas.

Resolución

Woese se basó en las diferencias encontradas en la secuencia de bases del ARN ribosomal de la subunidad menor.

Clave A

Pregunta 8

Una característica específica del grupo de los rizópodos es la presencia de

A) asimetría.
B) flagelos.
C) cilios.
D) quistes.
E) pilis.

Resolución

Los rizópodos o sarcodinos son protistas unicelulares desnudos o cubiertos por una teca, que emiten seudópodos y son asimétricos.

Clave A

Pregunta 9

Unas de las características particulares de las algas es ser

A) todos fotótrofos pluricelulares.
B) todos autótrofos unicelulares.
C) algunos fotótrofos con tejidos diferenciados.
D) todos autótrofos sin tejidos diferenciados.
E) la mayoría quimiótrofos unicelulares.

Lumbreras Editores

Resolución

Se le llaman algas a todos los protistas fotótrofos y autótrofos sin verdaderos tejidos diferenciados.

Clave: D

Pregunta 10

Las características que diferencian a todas las plantas del resto de organismos es la de ser

A) fotoautótrofos con presencia de flores.
B) fotoautótrofos con pigmento clorofila.
C) organismos con raíz, tallos y hojas.
D) organismos con capacidad de fotosíntesis.
E) fotoautótrofos de ambientes terrestres.

Resolución

El reino plantae tiene como característica exclusiva ser fotótrofos de ambientes terrestres.

Clave: E

Pregunta 11

Las plantas angiospermas se caracterizan exclusivamente por la presencia de flores además

A) del uso de animales como agente polinizador.
B) de la alternancia de generaciones.
C) de la fase esporofítica dominante.
D) de los vasos leñosos tipo tráqueas.
E) de la presencia de semillas.

Resolución

Las angiospermas son plantas que se caracterizan exclusivamente por la presencia de flores además del uso de animales como agente polinizador.

Clave: A

Pregunta 12

La nutrición por absorción osmótica de las sustancias disueltas es característico de organismos como

A) plantas y hongos.
B) plantas y protozoos.
C) hongos y animales.
D) hongos y protozoos.
E) protozoos y animales.

Resolución

Las plantas y hongos son organismos que presentan nutrición por absorción osmótica de sustancias disueltas.

Clave: A

Pregunta 13

¿Qué característica no corresponde a las angiospermas?

A) Plantas con flores y tejidos vasculares con xilema.
B) Plantas que presentan sépalos, pétalos, estambres y carpelos que participan en la reproducción sexual.
C) Presentan doble fecundación que da por resultado un cigoto y un endospermo.
D) Plantas con semillas al descubierto, sus flores carecen de pistilo.
E) Óvulos se forman dentro del ovario.

(UNMSM 2007-II)

Resolución

La característica de semillas al descubierto le corresponde a las plantas gimnospermas mas no a las plantas angiospermas.

Clave: D

Lumbreras Editores

Pregunta 14

Los animales diploblásticos tienen solo dos hojas embrionarias: ectodermo y endodermo, careciendo de mesodermo. Estos incluyen a

A) cnidarios y platelmintos.
B) ctenóforos y poríferas.
C) poríferas y cnidarios.
D) cnidarios y ctenóforos.
E) ctenóforos y platelmintos.

Resolución

Los cnidarios y ctenóforos son animales eucelomados diploblásticos que tienen solo dos hojas embrionarias, careciendo de mesodermo.

Clave D

...teral y la cefalización son ca...
...que corresponden a los

...razoos.
triploblásticos.
...) dip'oblásticos.
D) eumetazoos.
E) celomados.

Resolución

Los animales eumetazoos triploblásticos tienen como características exclusivas la simetría bilateral y la cefalización.

Clave B

Pregunta 16

Los animales con mesodermo que se ahuecan formando una cavidad denominada celoma incluye a organismos como

A) nematodos y moluscos.
B) platelmintos y nematodos.
C) platelmintos y artrópodos.
D) nematodos y anélidos.
E) moluscos y anélidos.

Resolución

Los moluscos y anélidos son animales triploblásticos eucelomados con mesodermo que se ahueca formando una cavidad denominada celoma.

Clave E

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Al reino protista se le ha denominado "cajón de sastre", debido a que todos los organismos incluidos en él

   A) forman un grupo monofilético.
   B) forman un grupo parafilético.
   C) han evolucionado de una población en común.
   D) tienen características semejantes.
   E) no tienen el mismo antepasado común más reciente.

2. El sistema de Carlos Linneo para nombrar, ordenar y clasificar los organismos vivos todavía se usa, aunque con muchos cambios. Lo que ha permanecido del sistema Linneano es

   A) la taxonomía animal, basada en el sistema sexual de las especies.
   B) el método de clasificación jerárquica y el uso de la nomenclatura binomial.
   C) la clasificación de los animales, basada principalmente en características de su anatomía externa.
   D) la taxonomía vegetal, basada en criterios genéticos.
   E) la taxonomía vegetal, basada en las características de la inflorescencia.

3. La sistemática se encarga del estudio científico de la diversidad de los organismos y sus relaciones evolutivas. Se basa principalmente en la teoría

   A) del gradualismo.
   B) del ancestro en común.
   C) de la selección natural.
   D) del uso y desuso.
   E) del cambio perpetuo.

4. La ciencia dentro de la sistemática que se dedica a nombrar, describir y clasificar a los organismos se denomina

   A) cladística.
   B) filogenia.
   C) taxonomía.
   D) ontogenia.
   E) anatomía comparada.

5. El desarrollo del microscopio trae como consecuencia el establecimiento del reino ..... que incluía organismos con características del reino animalia y del reino plantae.

   A) procariota
   B) protista
   C) monera
   D) fungi
   E) eucariota

6. Uno de los sistemas de clasificación basado en sistemas filogenéticos fue el de los seis reinos propuesto por

   A) Chatton. B) Linneo. C) Haeckel.
   D) Whittaker. E) Woese.

7. La modificación de los cinco reinos fue propuesta por ..... basándose principalmente en la Teoría Endosimbiótica Seriada (SET).

   A) Woese
   B) Margulis
   C) Mayr
   D) Dobzhansky
   E) Gould

Lumbreras Editores

8. Según el sistema de tres dominios propuesto por Woese, el dominio arquea incluye a organismos unicelulares

A) con ácidos grasos en membrana.
B) aerobios.
C) eucariotas.
D) extremófilos.
E) con carioteca.

9. Las bacterias del mar Muerto, que viven en hábitats con altas concentraciones de sal, están agrupadas como

A) halófilas extremas.
B) metanógenas.
C) grampositivas.
D) gramnegativas.
E) termófilas extremas.

10. El grupo de organismos protozoos flagelados incluyen a

A) giardias y toxoplasmas.
B) plasmodium y tripanosomas.
C) toxoplasmas y euglenas.
D) giardias y tripanosomas.
E) euglenas y paramecios.

11. Los organismos del grupo ..... pertenecen al reino protista. Estos forman esporas y son parásitos de animales.

A) sarcodinos
B) apicomplexa
C) rizópodas
D) ciliados
E) flagelados

12. La proliferación o florecimiento de algas, que puede traer como consecuencia la marea roja, es causada por los microorganismos

A) euglenoides. B) crisofitas.
C) feofitas.
D) rodofitas. E) dinoflagelados.

13. Los hongos tizones o carbones son usualmente parásitos de gramíneas como el maíz. Estos pertenecen al grupo de los hongos

A) cigomiceto. B) ascomiceto.
C) basidiomiceto.
D) deuteromiceto. E) quitridiomiceto.

14. Los coanocitos son un tipo de células que forman una capa interna celular denominada coanodermo. Estas células son exclusivas del filo

A) porífera. B) cnidario.
C) ctenóforo.
D) platelmintos. E) nemátodos.

15. Uno de los aspectos importantes de la evolución de los planes de organización corporal del animal utilizados en taxonomía, es el desarrollo

A) de los vasos de transporte.
B) del encéfalo.
C) de los órganos de almacenamiento.
D) de los órganos.
E) de la simetría.

16. Una característica diagnóstica propia de los cnidarios es la presencia de la estructura

A) poros inhalantes.
B) cnidocitos.
C) cutícula.
D) coloblastos.
E) mástax.

Lumbreras Editores

17. La faringe muscular y el tubo digestivo en saco con ramificaciones es una característica exclusiva de animales de los grupos

A) céstodos.
B) turbelarios.
C) hidrozoo.
D) antozoo.
E) escifozoo.

18. Un grupo denominado ecdisozoo incluye a organismos con cutícula en su superficie y crecimiento por mudas. Según esto, este grupo incluye entre otros a

A) moluscos y artrópodos.
B) platelmintos y moluscos.
C) platelmintos y artrópodos.
D) moluscos y anélidos.
E) nematodos y artrópodos.

19. El órgano de origen ectodérmico cuyas células epiteliales secretan carbonato de calcio y conquiolina que origina la concha de los moluscos es

A) el sifón.
B) el manto.
C) el pie.
D) la cavidad paleal.
E) el celoma.

20. Los anélidos son un grupo de animales invertebrados protostomados que incluyen, entre otros, a los siguientes organismos:

A) lombriz de tierra y poliquetos.
B) lombriz de tierra y lombriz intestinal.
C) sanguijuelas y cefalópodos.
D) poliquetos y milpiés.
E) ciempiés y milpiés.

21. Una importante adaptación que contribuye al éxito de los artrópodos, en general, y de los insectos, en particular,

A) es la respiración indirecta mediante pulmones.
B) es el endoesqueleto duro.
C) son los apéndices articulados.
D) es la estrategia reproductiva k.
E) es la homeotermia.

22. Una importante característica que distingue al grupo de los cordados del resto de animales es

A) la presencia de notocorda en todo adulto.
B) el cordón nervioso ventral y cerebro anterior.
C) la presencia de hendiduras faríngeas.
D) la ausencia de endostilo.
E) la presencia de cola posanal en todo adulto.

Lumbreras Editores

CAPÍTULO II

HISTORIA EVOLUTIVA DE LA BIODIVERSIDAD

Objetivos

- Determinar la importancia del estudio de los tiempos geológicos como evidencia del cambio perpetuo de la Tierra y de los organismos que habitan en ella.
- Comprender la filogenia y la biodiversidad como consecuencia del origen común de los seres vivos.
- Determinar las principales características de los distintos grupos de organismos desarrollados en la historia de la vida.

Introducción

Frente a la concepción del mundo de tipo metafísica que propone "una inmutabilidad absoluta de la naturaleza", la concepción dialéctica propone el cambio perpetuo de la naturaleza. Ahora bien, de este **cambio perpetuo** surge la diversidad de seres vivos como una forma de movimiento de la materia, convirtiéndose en la principal teoría base de la evolución. El mundo vivo no es ni constante ni perpetuamente cíclico, sino que está siempre cambiando. El cambio perpetuo de la Tierra y de los organismos que habitan en ella se puede evidenciar de forma directa mediante el registro fósil, de ahí la importancia del estudio de los tiempos geológicos en la historia de la Tierra.

El origen de la vida a partir de una población ancestral común, hizo que por un proceso de diversificación se formaran los distintos linajes de seres vivos que fueron poblando el planeta conforme se iban adaptando a los distintos ambientes del planeta. Esto trajo como consecuencia que los distintos linajes de organismos adquieran características diferentes según ocurría la divergencia. Determinar las rutas que siguió la biodiversidad es parte del estudio de la filogenia y es lo que vamos a mostrar en la segunda parte de este capítulo. Si bien las principales rutas ya han sido determinadas, quedan por descubrir muchas rutas menores que diferencian a las distintas especies y variedades de organismos vivientes.

1. ESCALA TEMPORAL GEOLÓGICA

Es la forma como se representan los eventos de la historia de la Tierra y de la vida ordenados cronológicamente. Establece divisiones de las rocas basadas principalmente en los cambios de la fauna observables en el registro fósil y los profundos cambios en el ambiente terrestre. Esta "ley estratigráfica" produce una datación con las capas más antiguas en la base de los eventos y las más modernas en lo alto; con lo que el tiempo quedó dividido en eones, eras, periodos y épocas.

1.1. EÓN HÁDICO O HADEANO

Comprende desde los 4600 hasta los 4000 millones de años. Formación de la primera atmósfera, los primeros mares y la corteza terrestre. Esta corteza sufrió muchos cambios debido a las numerosas erupciones volcánicas.

1.2. EÓN ARCAICO O ARQUEANO

Comprende desde los 4000 hasta los 2500 millones de años. Origen de la vida mediante organismos heterótrofos fermentativos y organismos fotosintéticos anoxigénicos. No sería hasta hace unos 2500 millones de años cuando surgen las cianobacterias, capaces de realizar la fotosíntesis oxigénica, que comienza a liberar oxígeno molecular al medioambiente.

Los estromatolitos son fósiles representativos del eón arcaico.

1.3. EÓN PROTEROZOICO

Comprende desde 2500 a 544 millones de años. Hace 2200 millones de años aparecieron las primeras células eucariotas, debido a la acumulación de oxígeno libre y al incremento de los nitratos oxidados. Simbiosis entre los proto-eucariotas y las bacterias antecesoras de mitocondrias y cloroplastos. El último periodo del Proterozoico muestra los fósiles más antiguos de organismos pluricelulares de cuerpo blando, denominada la "fauna del Ediacara". Los paleontólogos interpretan muchos de estos fósiles como primitivas esponjas, medusas, corales y ctenóforos. Otros consideran que no fueron ancestros de especies modernas y que se extinguieron a finales de este periodo.

1.4. EÓN FANEROZOICO

Comprende desde hace 544 millones de años hasta la actualidad. Incluye las siguientes eras:

1.4.1. Era paleozoica

Comprende desde 544 hasta 248 millones de años. Incluye los siguientes periodos:

Periodo cámbrico

Comprende desde 544 hasta 505 millones de años. Se produce una explosión de vida y la aparición del esqueleto calcáreo en organismos pluricelulares más complejos. Se presentan organismos como esponjas, moluscos, trilobites y el famoso *Anomalocaris*, animal semejante al artrópodo. Aproximadamente cincuenta grandes grupos de organismos surgen de manera muy rápida, denominándose a este fenómeno la **explosión cámbrica**.

Comprende desde 505 hasta 440 millones de años. De las primeras plantas terrestres. Debido a la escasez de oxígeno en la atmósfera no habían animales en tierra firme; pero en los mares poco profundos se desarrollaron comunidades marinas como trilobites, escorpiones marinos, briozoos, etc. Aparecen las primeras plantas no vasculares parecidas a hepáticas y los primeros hongos importantes para la colonización de las plantas en tierra.

Comprende desde 440 hasta 410 millones de años. Se eleva el nivel de los océanos, con lo que se forma un amplio registro de sedimentos marinos. Se producen **radiaciones adaptativas** de los invertebrados marinos formadores de conchas. Los artrópodos invaden la Tierra. Diversificación de los peces agnatos. Origen de los primeros peces, de tiburones y de las primeras plantas vasculares.

Comprende desde 410 hasta 360 millones de años. La edad de los peces. El mar cubre la mayor parte de la Tierra. Radiación adaptativa de peces tales como placodermos, celacantos y sarcopterigios como *Ichthyostega* y *Acanthostega*; que están ligados a la transición de los peces hacia los tetrápodos. Origen de amonites, anfibios y de plantas vasculares modernas.

Comprende desde 360 hasta 286 millones de años. Se acumulan restos de plantas que se transforman en turba y luego en carbón. Radiación adaptativa de anfibios y de insectos. Origen de reptiles. Bosques de helechos, cola de caballo, árboles como *Lepidodendron* y gimnospermas. Al final del periodo ocurre la formación del megacontinente Pangea.

Comprende desde 286 hasta 248 millones de años. Importantes cambios climáticos hacia condiciones más secas y áridas hacen que herede la Tierra los helechos con las semillas, los reptiles y los reptiles mamiferoides (o sinápsidos). Tercera extinción en masa, debido al calentamiento del clima, por causas todavía no determinadas. Fue la catástrofe más grande que ha conocido la vida en la Tierra. Se extinguieron trilobites, helechos arborescentes y anfibios.

Comprende desde 248 hasta 65 millones de años. La edad de los reptiles. Comprende los siguientes periodos:

Comprende desde 248 hasta 213 millones de años. Radiación adaptativa de reptiles. En tierra, los terápsidos, parecidos a mamíferos, y los tecodontos, que al final del Triásico darán inicio al desarrollo de cocodrilos, reptiles voladores, dinosaurios y aves; en mar, los plesiosaurios e ictiosaurios. También surgen los pterosaurios, primeros reptiles voladores; y los primeros mamíferos, bajo la forma de pequeños insectívoros. Las plantas dominantes son las gimnospermas.

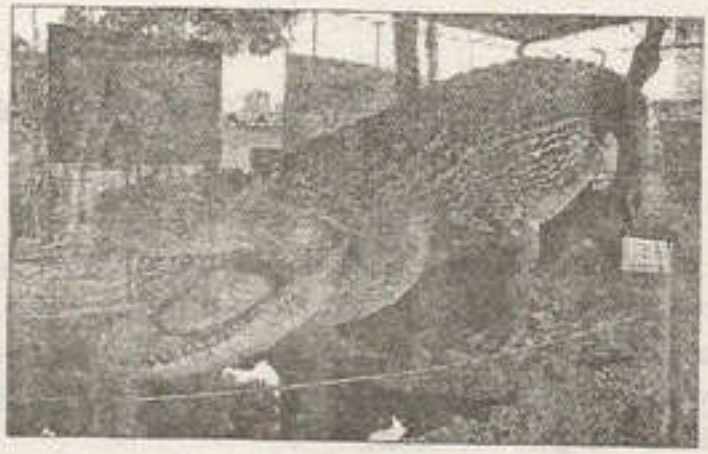
Comprende desde 213 hasta 145 millones de años. Apogeo de los grandes dinosaurios. Se inicia la escisión del supercontinente Pangea en los continentes Laurasia y Gondwana (de este último se escindió Australia mientras que Laurasia se dividió en Norteamérica y Eurasia). Cuarta extinción en masa por causas probablemente volcánicas.

La era mesozoica es la era de los dinosaurios, los cuales tenían las patas situadas en posición vertical por debajo del cuerpo, como los mamíferos.

Comprende desde 145 hasta 65 millones de años. Continúa el apogeo de dinosaurios. Diversificación de aves y mamíferos. Continúa desintegración del supercontinente Pangea. Origen de las angiospermas (plantas con flores). Quinta extinción en masa, debido probablemente al impacto de un asteroide que trajo la extinción del 75% de las especies, entre ellas a los dinosaurios.

Comprende desde 65 millones de años hasta la actualidad. La edad de los mamíferos. Comprende los siguientes periodos:

Comprende desde 65 hasta 1,8 millones de años. En la época del Paleoceno aparecen los prosimios, cactus y palmeras; en el Eoceno predominan las aves, surgen las modernas órdenes de mamíferos, simios, caballos primitivos, cetáceos; en el Oligoceno la expansión global de pastizales con el consecuente desarrollo de animales ramoneadores; en el Mioceno el enfriamiento del clima y el desarrollo de plantas herbáceas, origen de primates sin cola (hominoideos) y los primeros homínidos (*Sahelanthropus*, *Orrorin*, etc.); en el Plioceno el desarrollo de *Ardipithecus*, *Australopithecus* y la aparición de *Homo habilis*.



Purussaurus fue un caimán gigante que vivió en Sudamérica, hace 13-8 millones de años, en el periodo mioceno. Sus fósiles han sido hallados en la Amazonía peruana.

Lombreras Editores

Comprende desde 1,8 millones de años hasta la actualidad. En la época del Pleistoceno ocurre la aparición y extinción de diversas especies del género *Homo*, y aparece el *Homo sapiens* hace unos 200 000 años; en la época actual denominada Holoceno, que comprende de 10 000 años a la actualidad, ocurre la dispersión planetaria del *Homo sapiens*.

Eón	Era	Período	Época	Característica
FANEROZOICO	CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENO	Desde 10 000 años hasta la actualidad. Dispersión planetaria del *Homo sapiens*.
			PLEISTOCENO	Aparición y extinción de diversas especies del género *Homo*. Aparece el *Homo sapiens* hace unos 200 000 años.
		TERCIARIO[1] NEÓGENO	PLIOCENO	Desarrollo del *Ardipithecus*, *Australopithecus*. Aparición del *Homo habilis*.
			MIOCENO	Enfriamiento del clima. Origen de hominoideos y los primeros homínidos (*Sahelanthropus*, *Orrorin*, etc.).
		PALEÓGENO	OLIGOCENO	Expansión global de pastizales con el consecuente desarrollo de animales ramoneadores.
			EOCENO	Predominan las aves. Surgen las modernas órdenes de mamíferos, simios, caballos primitivos, cetáceos.
			PALEOCENO	Aparecen los primeros primates (prosimios), cactus y palmeras.
	MESOZOICA	CRETÁCICO		Desde 145 hasta 65 millones de años. Continúa el apogeo de dinosaurios. Diversificación de aves y mamíferos.
		JURÁSICO		Desde 213 hasta 145 millones de años. Apogeo de los grandes dinosaurios. Escisión del supercontinente Pangea.
		TRIÁSICO		Desde 248 hasta 213 millones de años. Radiación adaptativa de reptiles. Gimnospermas.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Eón	Era	Periodo	Característica
FANEROZOICO	PALEOZOICA	PÉRMICO	Desde 286 hasta 248 millones de años. Cambio climático a ambiente seco. Reptiles y reptiles mamiferoides.
		CARBONÍFERO	Desde 360 hasta 286 millones de años. Radiación adaptativa de anfibios e insectos. Origen de reptiles. Bosques de helechos.
		DEVÓNICO	Desde 410 hasta 360 millones de años. Edad de los peces. Radiación adaptativa de placodermos, celacantos y sarcopterigios.
		SILÚRICO	Desde 440 hasta 410 millones de años. Radiación adaptativa de invertebrados marinos. Diversificación de peces agnatos.
		ORDÓVICO	Desde 505 hasta 440 millones de años. De las primeras plantas terrestres. Aparecen peces agnatos y hongos acuáticos.
		CÁMBRICO	Desde 544 hasta 505 millones de años. Surgen grandes grupos de organismos de manera muy rápida (explosión cámbrica).
		PROTEROZOICO	Desde 2500 hasta 544 millones de años. Acumulación de oxígeno y expansión de cianobacterias. Primeras células eucariotas. Fósiles más antiguos de organismos pluricelulares ("fauna del Ediacara").
		ARCAICO	Desde 4000 hasta 2500 millones de años. Origen de la vida mediante organismos heterótrofos fermentativos. Hace 2500 millones de años surgen cianobacterias, capaces de realizar la fotosíntesis oxigénica.
		HÁDICO	Desde 4600 hasta 4000 millones de años. Formación de la primera atmósfera, los primeros mares y la corteza terrestre.

(1) El periodo terciario actualmente no es reconocido por la Comisión Internacional de Estratigrafía.

2. Filogenia o historia evolutiva de los seres vivos

2.1. Primeros organismos unicelulares

Las primeras células se desarrollaron hace 3500 millones de años posiblemente en zonas de intermareas o en respiraderos hidrotérmicos. Eran semejantes a las bacterias heterótrofas actuales, las cuales en ausencia de oxígeno libre obtenían energía a través de vías anaeróbicas, probablemente por fermentación. La energía era abundante y los procesos geológicos habían enriquecido a los mares con compuestos orgánicos. Por lo tanto, había alimento disponible, no había depredadores y las estructuras celulares no sufrían el ataque de oxígeno. De esta población de primeras células, se forma el Último Antepasado Común Universal (LUCA), del cual divergieron dos linajes. Uno de ellos desarrolló a las eubacterias, mientras que el otro originó al ancestro común de las arqueobacterias y las células eucariotas.

Del linaje de las eubacterias hace unos 3200 millones de años se desarrollaron las primeras células autótrofas que realizaban fotosíntesis de tipo anoxigénica, con una vía cíclica de fotofosforilación. Esto ocurrió debido a que disminuyó las moléculas orgánicas generadas de manera espontánea, sobreviviendo algunos organismos, que por mutaciones tuvieron la capacidad de absorber energía directamente de la luz solar para sintetizar moléculas orgánicas. Hace unos 2500 millones de años, surge la fotosíntesis oxigénica con la vía acíclica de la fotofosforilación. La acumulación de oxígeno trajo como consecuencia la aparición de la atmósfera oxidante, que detuvo el origen químico de las células vivas. La otra consecuencia es que la respiración aeróbica se desarrolló como la vía liberadora de energía predominante. Este nuevo linaje de organismos se evidencia en los fósiles denominados estromatolitos.

2.2. Primeros eucariotas

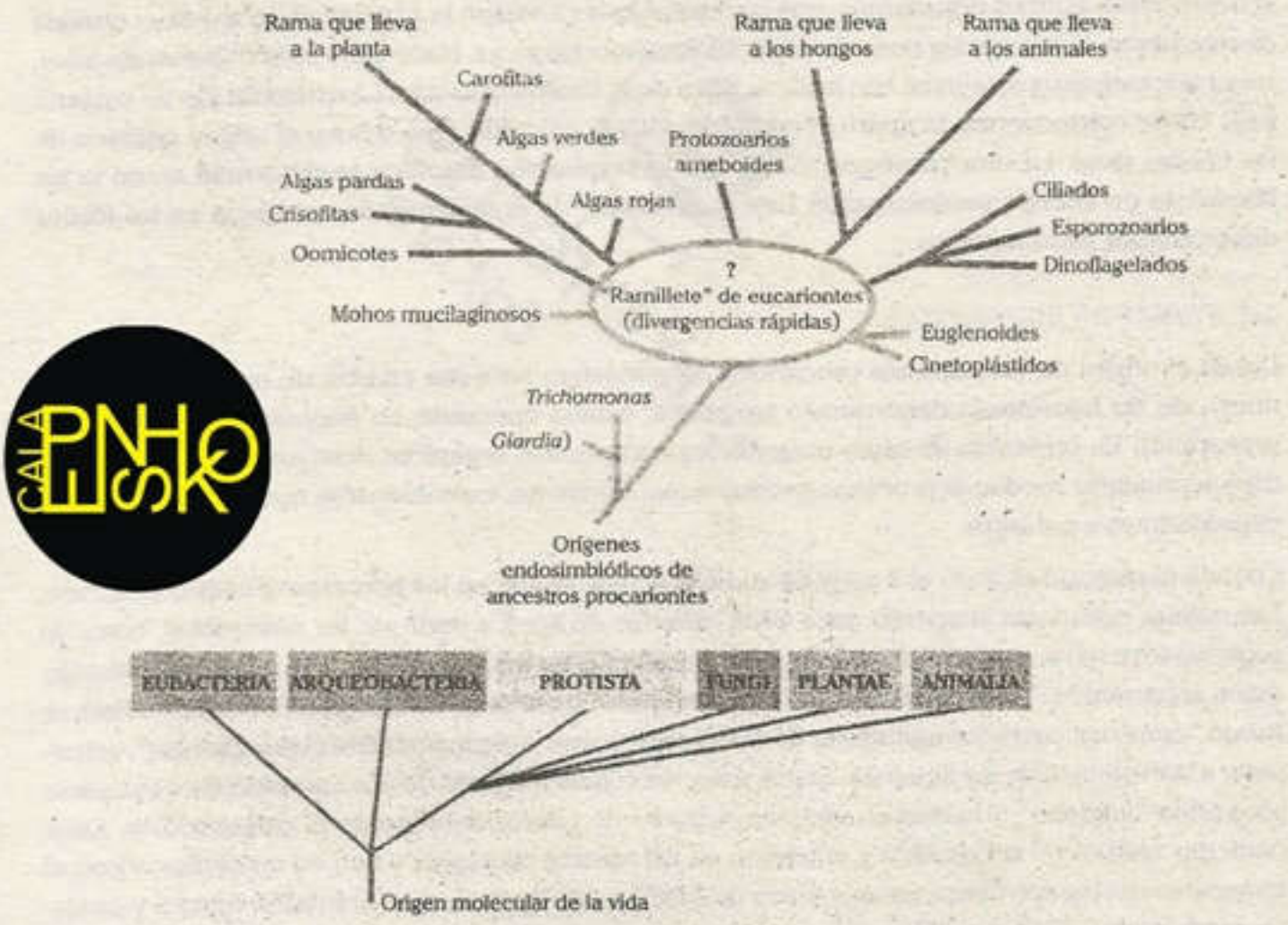
Desde el origen de los primeros procariotas, la atmósfera terrestre carecía de oxígeno; pero una nueva vía de fotosíntesis denominada oxigénica, estaba operando en enormes poblaciones de procariotas. En presencia de tanto oxígeno, los compuestos orgánicos ricos en energía ya no podían acumularse mediante procesos geoquímicos. Asimismo, evolucionaron nuevas asociaciones, depredadores y parásitos.

Cuando el oxígeno alcanzó el 3 a 4% de su nivel actual, aparecen las primeras células con núcleo. Las células eucariotas surgieron hace 2700 millones de años a partir de las procariotas, como lo sugieren los esteranos derivados de los esteroides hallados en los restos fósiles. Fue Lynn Margulis quien argumentó la Teoría Endosimbiótica Seriada (SET), donde propone que la célula eucariota se formó "como un conjunto mutualista de microorganismos anteriormente independientes", semejante a la evolución de los líquenes. Según esto, hace 1200 millones de años un precursor eucariota anaerobio "englobó" a bacterias aerobias capaces de tolerar débilmente el oxígeno libre. Estas bacterias resistieron la digestión y crecieron en un entorno protegido y rico en nutrientes; y con el transcurso del tiempo liberaron un exceso de ATP. De este linaje surgen animales, hongos y protistas heterótrofos. Un linaje del nuevo precursor eucariota aerobio formado, en otra endosimbiosis, fagocitaría bacterias fotosintéticas que pasarían a formar parte del organismo, originando a su vez la capacidad de sintetizar la energía solar. De este linaje surgen plantas y algas.

Universitarias Editores

2.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS PROTISTAS

El denominado reino protista no es un grupo monofilético, esto significa que no todos los organismos incluidos en él han evolucionado a partir de un ancestro en común. Además no todos los descendientes de ese ancestro están incluidos en el grupo. En el reino protista tradicional, están agrupados diversos tipos fotosintéticos, que incluyen desde células microscópicas hasta enormes algas marinas, pasando por los descomponedores, parásitos e incluso depredadores. La gran mayoría está compuesta de especies unicelulares, pero casi todos los linajes incluyen también formas multicelulares. El linaje más antiguo es el de *Giardia* y *Trichomonas*; y luego de rápidas divergencias aparecen grupos diversos. Por ejemplo las algas verdes, que perteneciendo al reino protista, comparten muchos caracteres derivados con las plantas y pueden estar más emparentadas con ellos que con otros grupos protistas. Otro caso de rompecabezas evolutivo lo forman las "algas euglenofitas" y algunos protozoos, que comparten una envoltura externa protectora llamada película.

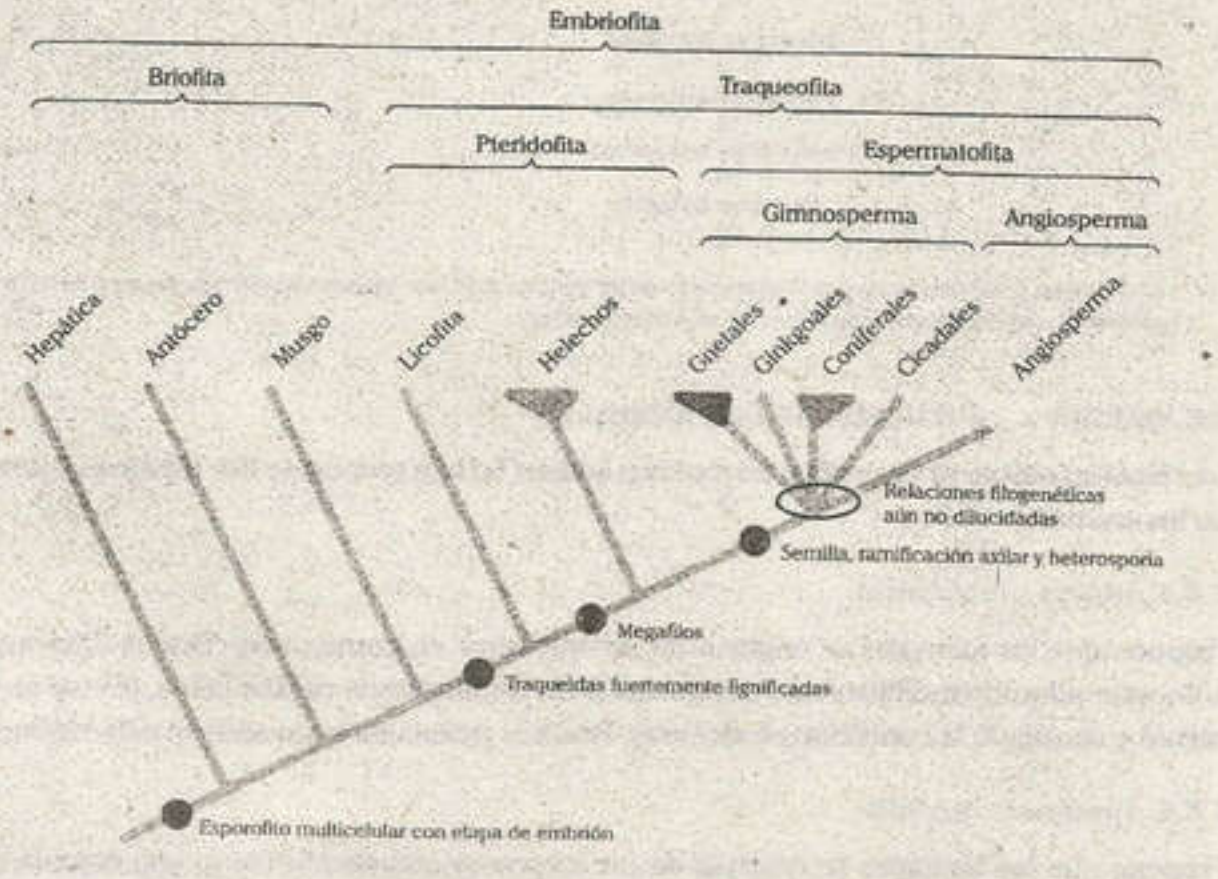


Árbol evolutivo de los principales grupos de protistas con base en comparaciones genéticas y moleculares.

Los fósiles sugieren que algunas algas verdes y algunos hongos realizaron juntos el viaje del agua a los ambientes terrestres. Estas antiguas especies de algas verdes de tupo caroficeas, que vivían cerca de las riberas o habían logrado llegar a la tierra, dieron origen a las plantas. Algas verdes y plantas comparten características derivadas, como por ejemplo la presencia de una cutícula que protege de la desecación y la alternancia de generaciones.

De una serie de divergencias aparecen antóceros, hepáticas y musgos, agrupados como briofitas no vasculares. Luego se origina un linaje de plantas con un esporofito dominante y con tejidos vasculares, que producen lignina, la cual otorga rigidez a la planta posibilitando su crecimiento longitudinal y una mayor captación de luz. Estas plantas vasculares no presentaban semillas y se diversificaron durante el Silúrico y el Devónico del Paleozoico. Incluye a helechos y licopodios, los cuales, según lo indican los restos fósiles, tenían el tamaño de grandes árboles.

Al final del Devónico se originan las plantas vasculares con semilla como medio principal de reproducción y dispersión. Estas primitivas plantas con semilla se diversificaron en muchas y variadas especies de gimnospermas. El grupo vegetal de origen más reciente es el de las plantas con flores, que producen semillas encerradas en un fruto. Surgieron a principios del Cretácico de la era mesozoica.



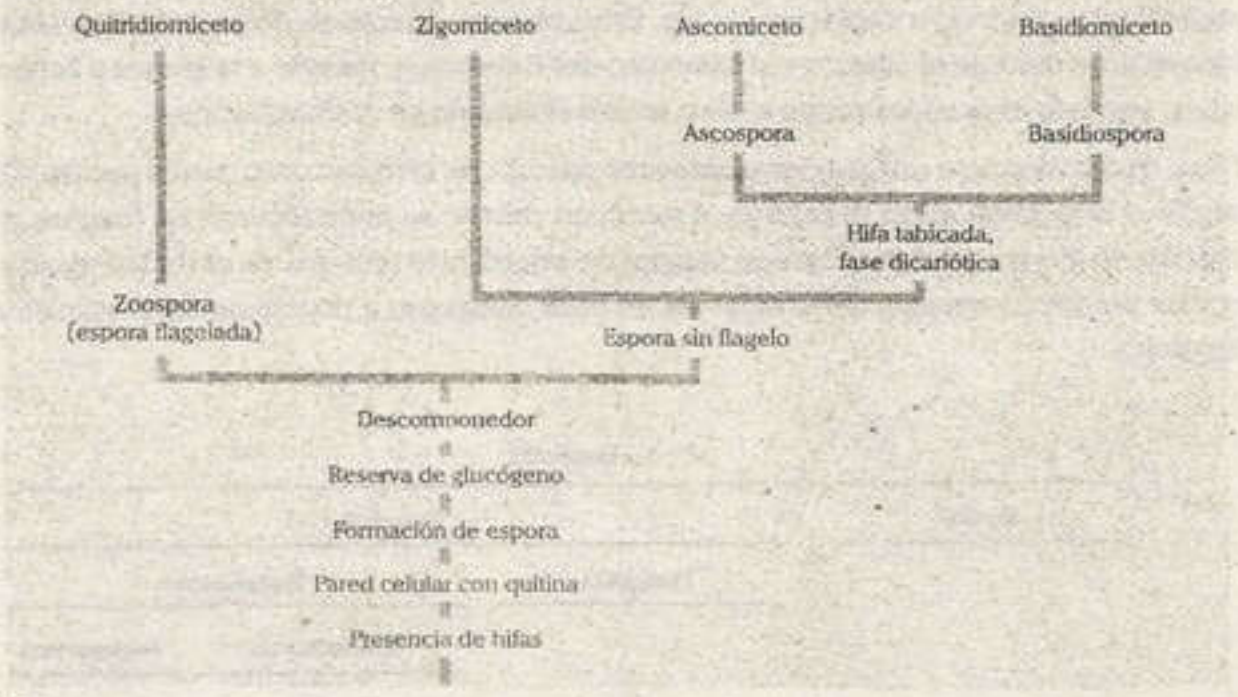
Relaciones evolutivas entre las plantas vivas.

2.5. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS HONGOS

De un ancestro común flagelado surgen los quitridiomicetos que tienen esporas flageladas, pero con la pérdida del flagelo surgen los cigomicetos. La aparición de un estado dicariótico durante la fase sexual, hace que surjan el 95% de todos los hongos descritos hoy en día, agrupados en ascomicetos y basidiomicetos. Los deuteromicetos no comparten un ancestro en común cercano, por lo cual hoy en día a la mayor parte de ellos se lo ha reasignado como ascomicetos y algunos como basidiomicetos.

twitter.com/calapenshko

Filogenia del reino Fungi



El diagrama muestra relaciones filogenéticas entre hongos actuales, basadas en comparaciones de secuencias genéticas ribosomáticas y nucleares de muchas especies.

2.6. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS ANIMALES

La célula eucariota se diversificó en muchos linajes. Se han propuesto dos hipótesis sobre el origen de los animales:

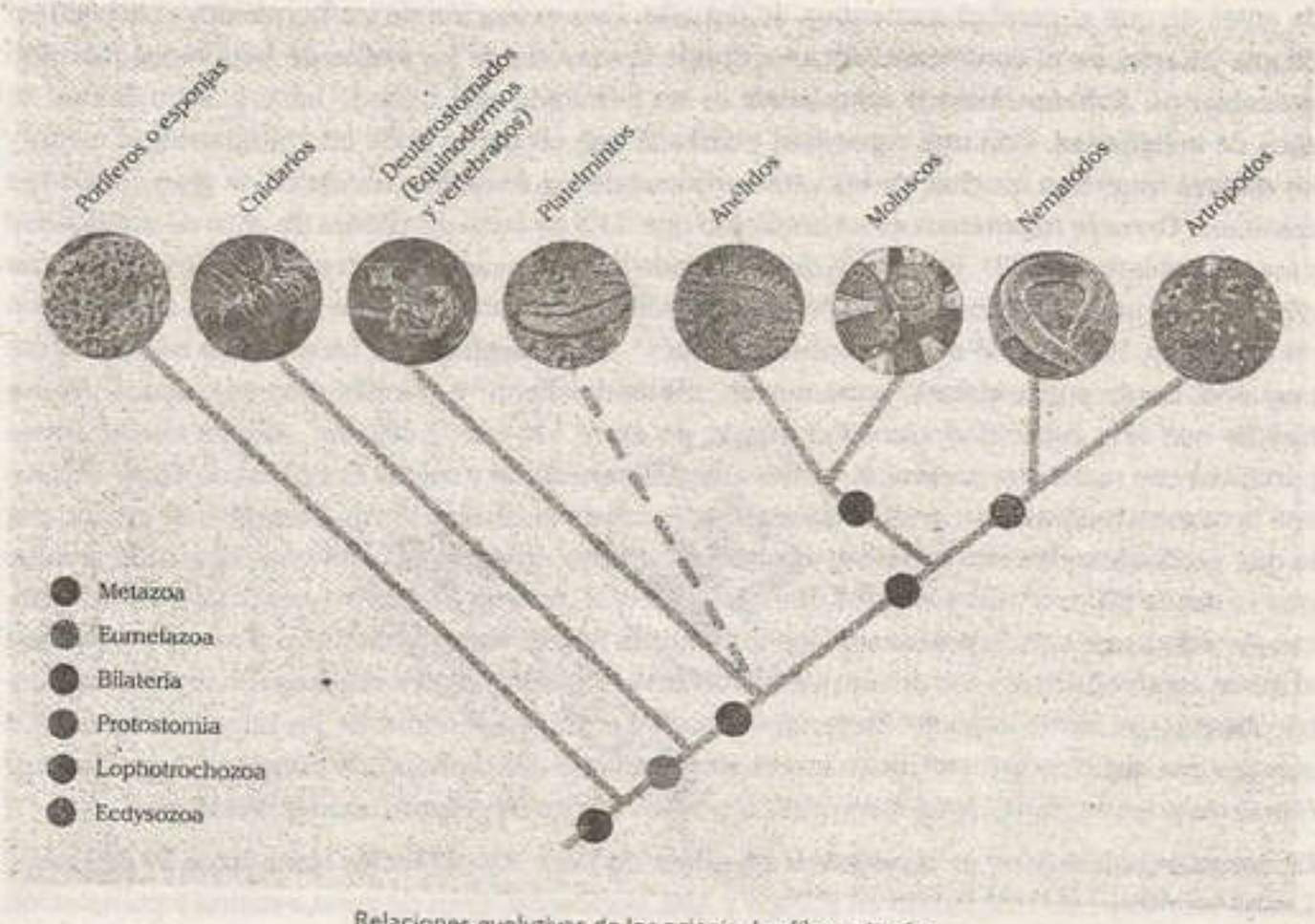
2.6.1. Hipótesis sincitial

Propone que los animales se originan de un antecesor en común con ciliados unicelulares. Este antecesor adquirió múltiples núcleos dentro de una membrana celular única, la cual se compartimentó y consiguió la condición pluricelular. Pruebas moleculares no apoyan esta hipótesis.

2.6.2. Hipótesis colonial

Propone que los animales se originan de un antecesor organizado como una colonia de células flageladas, esféricas y hueca. Estas células se fueron diferenciando hacia funciones cada vez más específicas.

Un linaje de este grupo de animales carentes de tejidos definidos y de tipo planuloide, pudo haber originado a un grupo de descendientes de simetría radial que originó a celentéreos, y a otro grupo que adquirió hábitos reptadores y simetría bilateral, que incluye a platelmintos. Un linaje de estos platelmintos forma dos grupos: los protostomados ancestrales, que incluyen a nematodos, artrópodos, moluscos, anélidos; y los deuterostomados, que surgen por divergencia tiempo después, y que incluye a equinodermos, hemicordados y un grupo denominado los cordados.



Relaciones evolutivas de los principales filos animales.

Todo cordado presentan cinco características exclusivas: notocorda, cordón nervioso tubular dorsal, hendiduras branquiales faríngeas, endostilo y cola posanal. Han seguido dos rutas: una condujo a los urocordados de carácter sedentario y otra a cefalocordados y vertebrados, de caracteres activos y móviles. Los vertebrados contienen a dos linajes: los agnatos, que incluyen al fósil ostracodermo, lampreas y mixines; y los gnatostomados, que comprenden entre otros al fósil placodermo, condrictios, osteíctios y un linaje del cual surgen peces pulmonados, celacantos y los primeros anfibios. Estos anfibios desarrollaron patas bajo el agua y se dirigieron a tierra, lo que supone la invasión de un medio físicamente muy peligroso para la supervivencia.

De un linaje de anfibios surgen los amniotas, que incluyen a reptiles, aves y mamíferos, con huevo de cáscara coriácea, que libera al embrión de desarrollarse dentro de ambientes húmedos. Un linaje de amniotas formó a los mamíferos, que desarrollaron pelos como aislante térmico; y glándulas mamarias para nutrir al recién nacido.

El hombre no puede haber tenido su origen en ningún simio antropoide similar a los existentes en la actualidad, porque estos son tipos bastante especializados, con modificaciones en brazos y caja torácica a consecuencia de haberse adaptado al ejercicio de trepar y columpiarse. Para dar con los antepasados del hombre, tenemos que retroceder en el tiempo hasta encontrar un simio mucho más primitivo y menos especializado. Los primeros homínidos adoptaron la postura bípeda antes de que el cerebro aumentara de tamaño. Esta evolución de los homínidos comenzó en Etiopía y Kenia, en el continente africano, donde la mayoría de los fósiles de homínidos han sido descubiertos. ***Sahelanthropus tchadensis*** es un homínido que data de hace 6 a 7 millones de años de antigüedad. Con una capacidad craneana que recuerda al de un chimpancé, el rostro y los dientes muestran muchas de las características de los ancestros humanos de gran capacidad craneana. ***Orrorin tugenensis*** es un homínido que data de hace 6 millones de años de antigüedad y fue descubierto en 2001. Es posible que haya sido bípedo y caminado erguido. ***Australopithecus afarensis*** es un homínido que data de hace 3.2 millones de años. Uno de sus fósiles se descubrió en Etiopía en 1974 y se le dio el nombre de "Lucy". Se caracteriza por un encéfalo relativamente pequeño, borde supraorbitario pronunciado, mentón saliente y grandes dientes caninos. ***Homo habilis*** con una capacidad craneana mayor, de entre 510 cm^3 y 600 cm^3, fabrica herramientas primitivas con rocas que presentan bordes afilados para cortar y raspar. Era capaz de coger objetos con la mano y realizar las manipulaciones necesarias en la fabricación de utensilios de piedra, por lo que probablemente era carnívoro oportunista. *Homo erectus* presenta una capacidad craneal que va desde 850 cm^3 hasta los 1100 cm^3. Su cráneo, si bien era mayor, no presentaba características de todo modernas, pues conservaba los grandes bordes supraorbitarios y el rostro proyectado al frente característico de los simios que fueron sus ancestros. Los ***pre-sapiens*** son los descendientes directos del *Homo ergaster*. Tenían un tamaño cerebral cercano al de los humanos modernos aunque con algunas características ancestrales y un lenguaje humano. Se consideran *pre-sapiens*: *Homo antecessor*, *Homo heidelbergensis*, *Homo rhodesiensis* y *Homo neanderthalensis*.

H. neanderthalensis es un *pre-sapiens* que data de hace 230 000 años hasta hace 30 000 años. Estaba ampliamente distribuido en Europa y Asia occidental. Eran de corta estatura y complexión fuerte. Su rostro sobresalía un poco hacia adelante, su mentón y su frente eran menos pronunciados, los bordes supraorbitarios y la mandíbula eran prominentes, y el cerebro y los dientes eran mayores que los del ser humano actual. Tenían cavidades nasales grandes y pómulos menos pronunciados. *Homo sapiens* es la única especie homínido viva. Data de hace unos 195 000 años. Los primeros *Homo sapiens* se denominan **humanos premodernos**. La similitud se aprecia a nivel del esqueleto del cuerpo y cavidad craneana, pero esta similitud no es total pues el rostro aún mantiene características arcaicas como los arcos superciliares (grandes cejas) y prognatismo maxilar (proyección bucal), aunque menos desarrollados que en los neandertales. En la actualidad, se han sugerido dos hipótesis para explicar el origen del *Homo sapiens*: la **hipótesis africana** sostiene que el *H. sapiens* evolucionó de *H. erectus* en África hace más o menos 200 000 años y después emigró a Europa y Asia, desplazando a los neandertales y a otras especies de género *Homo* que vivían en las zonas. La **hipótesis multirregional** propone que el hombre moderno se originó por evolución independiente en varias partes de África, Asia y Europa a partir de poblaciones de *H. erectus* que ahí existían.

3. Extinción masiva

También denominada "Evento a nivel de extinción". Es el periodo donde desaparece un número muy importante de especies. En total, se han extinguido el 99% de todas las especies en la historia evolutiva. Han ocurrido cinco extinciones masivas desde que la vida se inició en la Tierra. Al final del Ordóvico, Devónico, Pérmico, Jurásico y Cretácico. Estas son:

a. Hace 210 millones de años durante la extinción masiva del Jurásico se extinguieron varios grupos de arcosaurios, de los cuales solo sobrevivieron crocodilia, dinosauria y pterosauria. También destaca la extinción casi total de los sinápsidos no mamíferos, la causa fue probablemente volcánica.

b. Hace 65 millones de años en la extinción masiva del Cretácico desaparecieron cerca del 75% de todas las especies, incluyendo los dinosaurios.

c. Hace 444 millones de años, en la extinción ocurrida en la transición entre los periodos Ordóvico y Silúrico. Su causa probable fue el periodo glaciar. El primer evento ocurrió cuando los hábitats marinos cambiaron drásticamente al descender el nivel del mar. El segundo ocurrió al crecer el nivel del mar rápidamente.

d. Hace 360 millones de años se produjo la extinción masiva del Devónico, en su transición con el Carbonífero, en el cual el 70% de las especies desaparecieron. Este fue un evento que probablemente duró unos tres millones de años.

e. Hace 251 millones de años, durante la extinción masiva del Pérmico, cerca de 95% de las especies marinas se extinguieron. Esta fue la catástrofe más grande que ha conocido la vida en la Tierra. Desapareció el 53% de las familias biológicas marinas, el 84% de los géneros marinos y aproximadamente el 70% de las especies terrestres (incluyendo plantas, insectos y vertebrados).

Lumbreras Editores

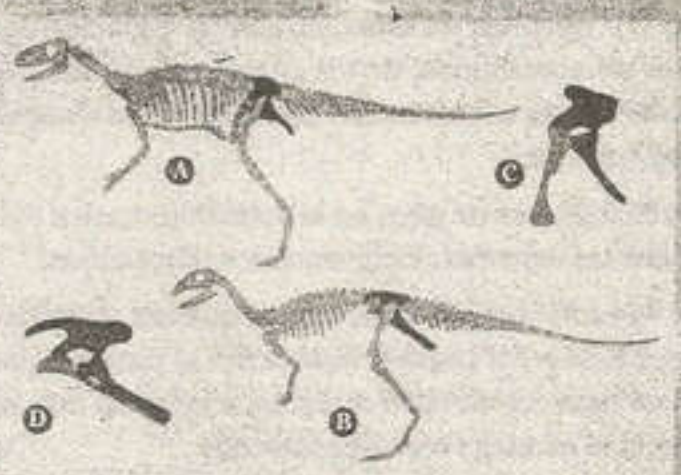
Referencias bibliográficas

- CURTIS, Helena y N. Sue BARNES. *Biología*. Sexta edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2006.
- HICKMAN, Cleveland; ROBERTS, Larry; LARSON, Allan; l'ANSON, Helen y David EISENHOUR. *Principios integrales de zoología*. Decimotercera edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- SOLOMON, E.; BERG, L.; MARTIN, D, y C. VILLEE. *Biología*. Octava edición. México: McGraw-Hill Intera-mericana, 2008.
- STARR, Cecie; TAGGART, Ralph; EVERS, Christine y Lisa STARR. *Biología. La unidad y diversidad de la vida*. Décima edición. México D. F.: Editorial Thomson, 2004.

LECTURA

El mundo mesozoico de los dinosaurios

Cuando en 1842 el anatomista inglés Richard Owen acuñó el término dinosaurio ("lagarto terrible") para describir a los reptiles fósiles del Mesozoico, solo se conocían tres géneros de dinosaurios, escasamente estudiados. Pero al sucederse rápidamente los nuevos y maravillosos descubrimientos de fósiles, en 1887 los zoólogos ya eran capaces de distinguir dos grupos de dinosaurios basándose en las diferencias estructurales de sus cinturas pelvianas. Los saurisquios ("cintura de lagarto") tenían una pelvis simple, de tres ramas, con los huesos de las caderas dispuestos de forma muy parecida al resto de los reptiles... (y) Los ornitisquios ("cintura de ave") (que) tenían una pelvis en cierta manera más compleja... Sorprendentemente, aunque la pelvis de los ornitisquios era similar a la de las aves, como sugiere su nombre, éstas pertenecen al linaje de los saurisquios.



A. Saurisquio primitivo. B. Ornitisquio primitivo
C. Pelvis de saurisquio. D. Pelvis de ornitisquio

Los dinosaurios y sus parientes actuales, las aves, son arcosaurios ("primeros lagartos"), un grupo que incluye a los tecodontos (primeros arcosaurios restringidos al triásico), los cocodrilos y los pterosaurios. Tal y como se reconocen tradicionalmente, los dinosaurios son un grupo parafilético ya que no incluyen a las aves, que son descendientes del linaje de los dinosaurios terópodos.

Entre las diversas radiaciones de los arcosaurios en el triásico surgió una estirpe de tecodontos con extremidades dirigidas por debajo del cuerpo, que producían una postura erguida... caminaban erguidos sobre patas columnares, en vez de con la patas extendidas hacia fuera, como en los anfibios y reptiles actuales. Esta disposición permitía a las patas soportar el enorme peso del cuerpo a la vez que proporcionaba una carrera rápida y eficaz.

Aunque su origen es incierto, se han propuesto dos grupos de dinosaurios saurisquios de acuerdo con las diferencias en su locomoción y hábitos alimentarios: los terópodos, carnívoros y bípedos, y los saurópodos, herbívoros y cuadrúpedos...El segundo grupo de dinosaurios, los ornitisquios, fueron todos herbívoros. Aunque de apariencia más variada que los saurisquios, incluso grotesca, los ornitisquios están relacionados por varios caracteres esqueléticos derivados que indican un origen común.

Hickman, Zoología. Decimotercera edición. Edit. Mc Graw Hill-Interamericana, 2006.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Son fósiles estratificados que evidencian las primeras formas de vida fotosintéticas en el planeta.

A) Carbón
B) Estromatolitos
C) Hulla
D) Arcilla
E) Calcita

Resolución

Los estromatolitos son estructuras estratificadas formadas por la captura y fijación de partículas carbonatadas, que evidencian formas de vida fotosintéticas.

Rpta.: B

Pregunta 2

Al final del eón arcaico surgen los primeros organismos fotosintéticos oxigénicos denominados

A) eubionte.
B) coacervado.
C) algas verdes.
D) cianobacterias.
E) bacterias verdes del azufre.

Resolución

Las cianobacterias fueron los primeros organismos capaces de realizar fotosíntesis oxigénica aumentando la concentración de O_2 en la atmósfera hace unos 2500 millones de años.

Rpta.: D

Pregunta 3

El eón hadeano inicia con la formación del planeta Tierra aproximadamente hace ..... millones de años:

A) 6000 B) 4600 C) 3800
D) 3000 E) 2500

Resolución

El eón hadeico, hádico o hadeano es una división informal de la escala temporal geológica que comienza en el momento en que se formó la Tierra hace unos 4567 millones de años y termina hace 3800 millones de años.

Rpta.: C

Pregunta 4

Para el desarrollo de las primeras células eucariotas jugó un papel clave

A) la formación de una atmósfera reductora.
B) la formación de la capa de ozono.
C) el incremento de CO_2 en la atmósfera terrestre.
D) la sucesiva incorporación por simbiosis de diversas bacterias.
E) la adaptación a ambientes extremófilos.

Resolución

Según la Teoría Endosimbiótica Seriada (SET) de Lynn Margulis, las células eucariotas se complejizaron al realizar simbiosis mutualista con organismos anteriormente independientes.

Rpta.: D

Lumbreras Editores

Pregunta 5

Para el paso a la era mesozoica o edad de los reptiles jugó un papel clave:

A) la repentina desaparición de ambientes secos.
B) la formación del supercontinente Pangea.
C) la segunda extinción en masa.
D) el desarrollo de una glaciación.
E) el calentamiento del clima.

Resolución

Durante la era mesozoica no se produjeron grandes movimientos orogénicos pero el clima fue excepcionalmente cálido. El clima fue importante en la evolución y la diversificación de nuevas especies animales, tales como los dinosaurios.

Clave B

Pregunta 6

En el proceso de su evolución, cuando los vertebrados poblaron el ambiente terrestre, su dispersión estuvo facilitada por el acercamiento de los continentes para formar un supercontinente, ... que se mantuvo como única masa de tierra durante toda la primera mitad de la era ..... .

UNMSM 2007-II

A) Gondwana - cenozoica
B) Pangea - mesozoica
C) Pangea - paleozoica
D) Gondwana - mesozoica
E) Laurasia - cenozoica

Resolución

La dispersión biológica es la capacidad que tiene una población de colonizar nuevos hábitats por pequeños desplazamientos al azar de sus individuos. Esta se vio favorecida por la formación del supercontinente Pangea en la primera mitad de la era mesozoica.

Clave B

Pregunta 7

La última extinción en masa ocurrida al final del Mesozoico tuvo como consecuencia la desaparición de

A) dinosaurios.
B) trilobites.
C) amonites.
D) smilodon.
E) mamuts.

Resolución

Se consideran cinco las extinciones masivas de las cuales la última tuvo como consecuencia la desaparición de los dinosaurios.

Clave A

Pregunta 8

Es probable que el primer organismo haya sido heterótrofo fermentativo debido entre otros

A) a los procesos de fotofosforilación.
B) a procesos reductores del CO_2.
C) a la abundante presencia de nutrientes.
D) a procesos oxidantes del H_2O.
E) a la utilización de pigmentos fotoreductores.

Resolución

Las primeras células tenían abundantes nutrientes, no habían depredadores y las estructuras celulares no sufrían el ataque de oxígeno.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 9

Un linaje de las células procariotas dio origen a la ..... y el otro linaje a la ..... y la ..... .

A) arqueobacteria - eubacteria - eucariota
B) eubacteria - arqueobacteria - eucariota
C) eucariota - arqueobacteria - eubacteria
D) procariota - eucariota - eubacteria
E) eucariota - eubacteria - arqueobacteria

Resolución

Un grupo de organismos procariotas dio origen por divergencia a las eubacterias y a otro linaje de organismos de donde surgen arqueobacterias y eucariotas.

Clave: B

Pregunta 10

Hace aproximadamente 2700 millones de años surgieron las células eucariotas, evidenciadas en los restos fósiles mediante la presencia de

A) terpeno.
B) isopreno.
C) caroteno.
D) clorofila.
E) esterano.

Resolución

El origen de la célula eucariota se evidencia con fósiles que muestra la presencia de esteranos en la composición de las membranas celulares de todos sus integrantes.

Clave: E

Pregunta 11

De la simbiosis de un grupo de eucariotas anaerobios y bacterias aerobias capaces de liberar ATP surgen animales, hongos y ..... .

A) protozoos heterótrofos
B) plantas terrestres
C) arqueobacterias
D) protozoos autótrofos
E) algas

Resolución

La Teoría Endosimbiótica Seriada de Margulis propone que en una de las tres simbiosis ocurridas en el precursor eucariota anaerobio, este englobó a bacterias aerobias. De este linaje surgen animales, hongos y protistas heterótrofos.

Clave: A

Pregunta 12

El linaje o grupo más antiguo del reino protista incluye a

A) giardias y tricomonas.
B) tripanosomas.
C) ciliados.
D) esporozoos.
E) algas verdes.

Resolución

El reino protista es un grupo polifilético que surge a partir del ancestro procariota. Los más antiguos son giardias y trichomonas, a partir de los cuales y por rápidas divergencias aparecen los otros grupos de protistas.

Clave: A

Lumbreras Editores

Pregunta 13

Para el surgimiento de los primeros organismos del reino plantae, jugó un papel clave una nueva característica:

A) uso de clorofila.
B) fotosíntesis.
C) autotrofia.
D) cutícula.
E) fotofosforilación acíclica.

Resolución

El reino plantae es un grupo monofilético que se caracteriza por poseer una serie de adaptaciones para la vida fuera del agua, entre ellas la aparición de la cutícula como respuesta a la desecación.

Clave D

Pregunta 14

Los equinodermos, hemicordados y cordados se agrupan como ..... y surgen de un linaje de ..... .

A) vertebrados - invertebrados
B) protostomados - deuterostomados
C) invertebrados - protostomados
D) invertebrados - vertebrados
E) deuterostomados - protostomados

Resolución

Los deuterostomados son organismos donde el blastoporo se convierte en ano. Incluye a equinodermos, hemicordados y cordado; y se originan a partir de un linaje de protostomados.

Clave E

Pregunta 15

El grupo de protostomados ecdisozoos incluye a organismos tales como

A) nematodos.
B) anélidos.
C) platelmintos.
D) equinodemos.
E) moluscos.

Resolución

Los protostomados ecdisozoos incluyen a varios grupos, entre ellos a nematodos y artrópodos, que tienen en común la posesión de una cutícula externa y crecimiento por mudas o ecdisis.

Clave A

Pregunta 16

La aparición y evolución del hombre se realiza en el periodo ..... y en la era ..... .

UNMSM 2004-II

A) cuaternario - mesozoica
B) terciario - mesozoica
C) cuaternario - cenozoica
D) terciario - cenozoica
E) secundario - esozoica

Resolución

Si se asume la acepción del término hombre como un individuo de la especie *Homo sapiens*, este apareció en el periodo cuaternario de la era cenozoica hace unos 200 000 años.

Clave C

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Para la determinación de la escala temporal geológica se utilizó principalmente

A) fósiles.
B) métodos radiométricos.
C) la astronomía.
D) estudio de glaciares.
E) estudio de climas.

2. Los fósiles utilizados en la historia evolutiva de la vida, se han hallado en

A) rocas metamórficas.
B) rocas ígneas.
C) rocas sedimentarias.
D) rocas volcánicas.
E) rocas extrusivas.

3. Desde que se inició la vida en la Tierra se han extinguido el 99% de todas las especies debido principalmente a ..... extinciones masivas.

A) cuatro
B) cinco
C) seis
D) siete
E) ocho

4. La primera de las fotosíntesis fueron de tipo anoxigénicas, las cuales no desprenden oxígeno a la atmósfera. En la actualidad, este tipo de fotosíntesis es realizada por

A) bacterias verdes.
B) cianobacterias.
C) arqueobacterias.
D) algas verdes.
E) plantas.

5. Hace 2200 millones de años ocurrió la simbiosis entre los proto-eucariotas y las bacterias antecesoras de mitocondrias y cloroplastos. Esta teoría es sustentada por

A) Margulis. B) Whittaker. C) Haeckel.
D) Linneo. E) Woese.

6. Restos fósiles semejante a esponjas, medusas, corales y ctenóforos denominados la "fauna del Ediacara" corresponden a la denominada etapa de la escala temporal geológica

A) eón hadeano.
B) eón arcaico.
C) eón proterozoico.
D) eón fanerozoico.
E) era paleozoica.

7. En el periodo ordóvico se desarrollan las primeras plantas terrestres las cuales presentan la siguiente característica:

A) vasculares parecidas a helechos.
B) no vasculares parecidas a helechos.
C) no vasculares parecidas a musgos.
D) no vasculares parecidas a hepáticas.
E) vasculares parecidas a musgos.

8. El origen de los primeros peces con mandíbula o gnatostomados, se remonta al periodo silúrico. Se les denomina a estos fósiles:

A) celacantos.
B) placodermos.
C) ictiosaurios.
D) *ichthyostega*.
E) *acanthostega*.

Lumbreras Editores

9. Periodo de la era paleozoica donde las tierras bajas están cubiertas por mares pocos profundos y grandes pantanos y se acumularon restos de plantas que se transformaron en turba.

A) Cámbrico
B) Ordóvico
C) Silúrico
D) Devónico
E) Carbonífero

10. El periodo triásico es el primero de la era ....., edad donde ocurre la radiación adaptativa de reptiles y las plantas gimnospemas.

A) paleozoica
B) mesozoica
C) cenozoica
D) terciaria
E) cuaternaria

11. En la época actual denominada ....., que pertenece al periodo cuaternario, ocurre la dispersión planetaria de *Homo sapiens*.

A) Holoceno
B) Pleistoceno
C) Plioceno
D) Mioceno
E) Oligoceno

12. No es condición para el desarrollo de las primeras formas de vida.

A) La atmósfera reductora.
B) La inexistencia de depredadores.
C) Que las células no sufran el ataque de oxígeno.
D) El poco alimento disponible.
E) Las radiaciones ultravioleta.

13. El reino protista es un grupo polifilético, esto significa que

A) todos los organismos incluidos en él han evolucionado de un ancestro en común.
B) todos los descendientes de un ancestro están incluidos en el grupo.
C) algunos organismos incluidos en él han evolucionado de un ancestro en común.
D) ningún organismo incluido en él ha evolucionado de un ancestro en común.
E) no descienden de un ancestro en común.

14. La hipótesis que propone que los animales derivaron de un antecesor esférico y hueco formado por células flageladas que se fueron diferenciando hacia funciones específicas se denomina

A) sincitial.
B) colonial.
C) de la celularización.
D) simbiótica.
E) del planuloide.

15. El proceso donde algunas larvas de urocordados dejaron de realizar metamorfosis, adquirieron gónadas y la capacidad de reproducción se denomina

A) partenogénesis.
B) pedomorfosis.
C) partenocarpia.
D) apomixis.
E) metamorfosis.

16. ¿Cuál de las siguientes características no es posible distinguir en el linaje de los amniotas?

A) huevo con cáscara
B) desarrollo embrionario en el agua
C) liberación de los ambientes húmedos
D) formación de una placenta
E) formación de una piel que evite la deshidratación

Lumbreras Editores

II

Reino Monera

CALA PINHO

CAPÍTULO III

BACTERIAS

Objetivos

- Conocer la estructura de las bacterias y su importancia en el ecosistema.
- Comprender la relación que existe entre los organismos eubacterianos y el ser humano.
- Conocer la fisiología bacteriana y su importancia para el hombre.

Introducción

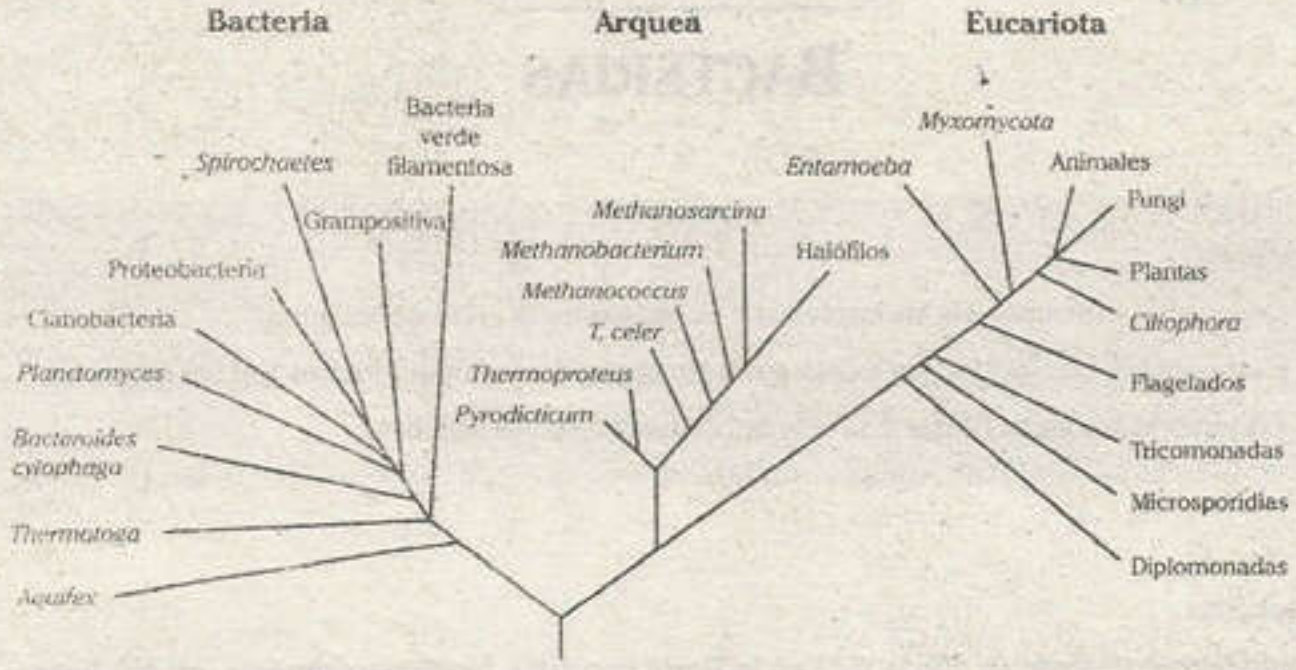
En la antigüedad se sostenía que la vida en la Tierra consistía, fundamentalmente, en dos formas de vida: las plantas (sin desplazamiento) y los animales (con capacidad de desplazamiento). Conforme avanzó el conocimiento sobre el mundo microscópico, se llegó a la conclusión de que la clasificación original era insuficiente y se propusieron categorías adicionales para el estudio de muchos microorganismos, dentro de los cuales se encuentran las bacterias.

El mundo de las bacterias es muy vasto, pero conforme se les ha ido estudiando, se ha adquirido mayor comprensión acerca del origen, la evolución, las características y las aplicaciones que tienen estos microorganismos.

Si bien un grupo de bacterias afectan al ser humano y causan enfermedades (tuberculosis, tétanos, tifus, cólera, sífilis y muchas otras), la mayoría de ellas son benéficas: producen materia orgánica, oxígeno y son descomponedores. El ser humano los utiliza en biotecnología e ingeniería genética y obtiene diversos beneficios.

El conocimiento de estos aspectos nos hace conscientes de nuestras relaciones con la gran diversidad de organismos con los cuales compartimos el planeta. Con base en este conocimiento científico, el ser humano plantea la solución de diversos problemas y mejora su calidad de vida.

Las eubacterias representan a un grupo importante dentro del reino monera juntamente con las arqueobacterias. Tienen como una de sus características más importantes la ausencia de núcleo.



Ubicación de las bacterias en el árbol filogenético de Carl Woese.

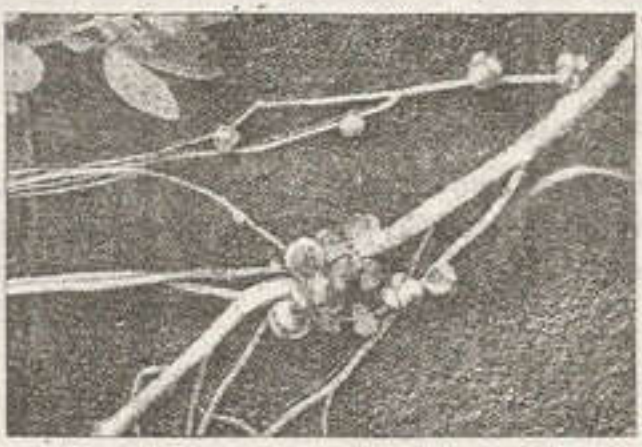
A fines del siglo XX el estudio genético molecular de procariotas y eucariotas tuvo un gran avance. Se encontró fuerte divergencia entre procariotas, por lo cual Carl Woese planteó la separación de las eubacterias y las arqueobacterias. A estas últimas las agrupó en el dominio arquea.

2. IMPORTANCIA

2.1. ECOLOGÍA Y AGRICULTURA

Las bacterias generalmente actúan como desintegradores de la materia orgánica a nivel de los ecosistemas. Transforman esta materia en nitratos, carbonatos y fosfatos que son asimilados por los organismos productores, como las plantas, y participan de esta manera en el ciclo de la materia.

En los suelos se encuentra un amplio grupo de bacterias que fijan el nitrógeno de la atmósfera, y favorecen así el incremento de la fertilidad. Las plantas leguminosas presentan nódulos en sus raíces debido a la asociación simbiótica con la bacteria *Rhizobium leguminosarum*.



Los nódulos en las raíces de leguminosas contienen compuestos nitrogenados que las plantas utilizan para crecer. De esta manera, las bacterias reducen la necesidad de costosos fertilizantes.

2.2. INDUSTRIA Y BIOTECNOLOGÍA

La ventaja de usar las bacterias radica en que su ciclo biológico reproductivo es muy corto, lo que favorece la obtención de grandes colonias en muy breve tiempo y con ello la producción de sustancias de interés aceleradamente. Debido a sus especiales características, las bacterias son utilizadas en la elaboración de muchos alimentos de consumo diario, podríamos mencionar por ejemplo los géneros *Lactobacillus* y *Lactococcus* que se utilizan en la fabricación de yogur; *Acetobacter* que es un género importante en la producción del vinagre; *Propionibacterium* en la obtención de vitamina B12; *Corynebacterium* en la elaboración de glutamato sódico (ajínomoto), etcétera.

En la industria farmacéutica, la bacteria *Escherichia coli* es importante para la producción de insulina (para casos de diabetes), interferones (para el tratamiento del cáncer) y hormonas de crecimiento (contra el enanismo).

Una bacteria de interés biotecnológico es *Thermus aquaticus*, ya que es una fuente de enzimas para el PCR (técnica que se realiza a altas temperaturas y permite la síntesis de ADN de interés). Por otro lado, desde hace varias décadas se usan los bioinsecticidas como parte de una política de cuidado del medio ambiente. Mencionamos al *Bacillus thuringensis* que produce una entomotoxina, que provoca una alta tasa de mortalidad en insectos que perjudican las cosechas. La ventaja del uso de estos bioinsecticidas es que no contaminan los suelos a diferencia de los insecticidas organoclorados (aldrín, DDT) u organofosforados (endosulfán, malatión).

La bacteria *Agrobacterium tumefaciens* se utiliza para producir plantas transgénicas que resisten la acción de herbicidas, plagas de insectos y virus.

2.3. BIOMEDICINA

Desde épocas muy remotas las bacterias han azotado a la humanidad, siendo responsables de muchas enfermedades a nivel de humanos y animales. Dentro de estas bacterias patógenas tenemos por ejemplo a *Neisseria* (gonorrea), *Treponema* (sífilis), *Mycobacterium* o bacilo de Koch (tuberculosis), *Bacillus* (carbunco), *Vibrio* (cólera), *Clostridium* (botulismo), enfermedad de Carrión, *Clostridium* o bacilo de Nicolaier (tétano), *Yersinia* o bacilo de Yersin (peste bubónica), *Salmonella* o bacilo de Eberth (salmonelosis), *Mycobacterium leprae* o bacilo de Hansen (lepra), etcétera.

India y Brasil son dos de los países con mayor cantidad de enfermos de lepra en el mundo. Esta enfermedad genera una extensa destrucción de tejidos.

Otro aspecto de su importancia lo presentan las bacterias como los **actinomicetos** que producen antibióticos para combatir diversas enfermedades. Por ejemplo, la estreptomicina es un antibiótico bactericida producido por *Streptomyces griseus*. También existen bacterias llamadas probióticos como *Lactobacillus*, *Streptococcus* y *Bifidobacterium* que son beneficiosas para la salud ya que disminuyen la incidencia de infecciones gastrointestinales y sintetizan algunos nutrimentos como vitaminas y ácidos grasos de cadena corta.

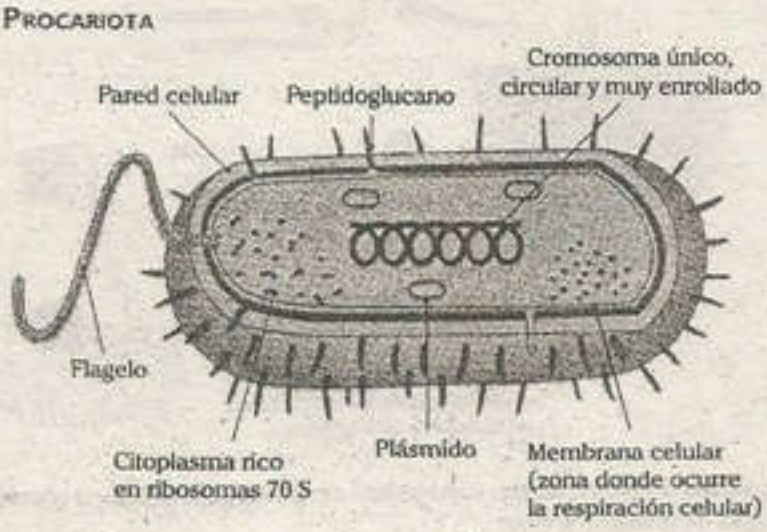
3▸ Características generales

Las eubacterias son organismos unicelulares, procarióticos y según la forma de nutrición pueden ser autótrofos (fotosintéticos o quimiosintéticos) o heterótrofos.

La estructura celular es sencilla, a nivel citoplasmático no presentan citoesqueleto y tienen como único organelo al ribosoma 70 S.

Son organismos cosmopolitas ya que pueden habitar diversos ambientes bajo las más diversas condiciones, desde las profundas fosas oceánicas o el interior de rocas sólidas hasta las camisas refrigerantes de los reactores nucleares.

La mayoría de las bacterias oscilan entre 0,2 y 5,0 µm de diámetro. *Bacillus megaterium* mide 1.5×4 µm, *Escherichia coli* mide 1×3 µm, *Streptococcus neumoniae* tiene 0.8 µm y *Haemophilus influenzae* mide 0.25×1.2 µm.



4. Morfología

Cada una de las especies bacterianas tiene una morfología que permite su identificación. Las bacterias presentan una de las dos formas básicas siguientes:

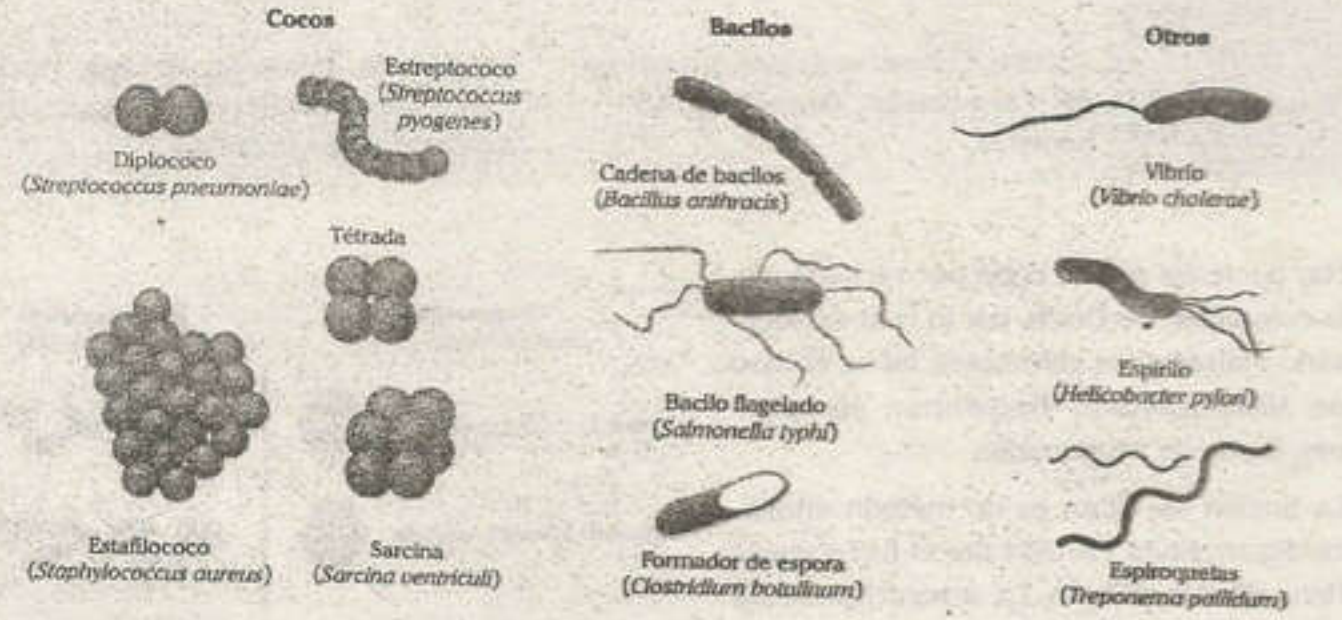
4.1. Bacterias con forma de cocos

Son aquellas que tienen forma esférica. Los cocos se dividen para reproducirse y pueden permanecer unidos en forma de diplococos. Los grupos de cuatro se conocen como tétradas. Los que se dividen por tres planos regulares y quedan divididos en grupos cúbicos de ocho se llaman sarcinas, y aquellos que se dividen siguiendo planos al azar y forman racimos son estafilococos. Por último, cuando forman cadenas se denominan estreptococos.

4.2. Bacterias con forma de bacilo

Son aquellas con forma de bastoncillos. Se observa pocos agrupamientos de bacilos y la mayoría se presentan de forma aislada. Sin embargo, se pueden observar diplobacilos o estreptobacilos. Existen bacilos ovalados llamados cocobacilos. Los bacilos curvados en forma de coma se denominan vibrios.

Ciertos bacilos desarrollan formas espiraladas y se nombran de distinta manera. Por ejemplo, los **espirilos** poseen una morfología helicoidal que recuerda a un sacacorchos, con un cuerpo celular bastante rígido y presencia de flagelos. Las **espiroquetas** se mueven por medio de un filamento axial, parecido a un flagelo pero que se encuentra dentro de una vaina externa flexible que rodea a la bacteria.



Especies bacterianas con formas características que ayudan en su identificación.

Además de las dos formas básicas hay bacterias en forma de estrella (género *Stella*) y bacterias planas, cuadrangulares (género *Arcula*). Asimismo, bajo ciertas condiciones ambientales algunas bacterias, como *Rhizobium* y *Corynebacterium*, pueden variar su morfología por lo cual son llamadas bacterias pleomórficas.

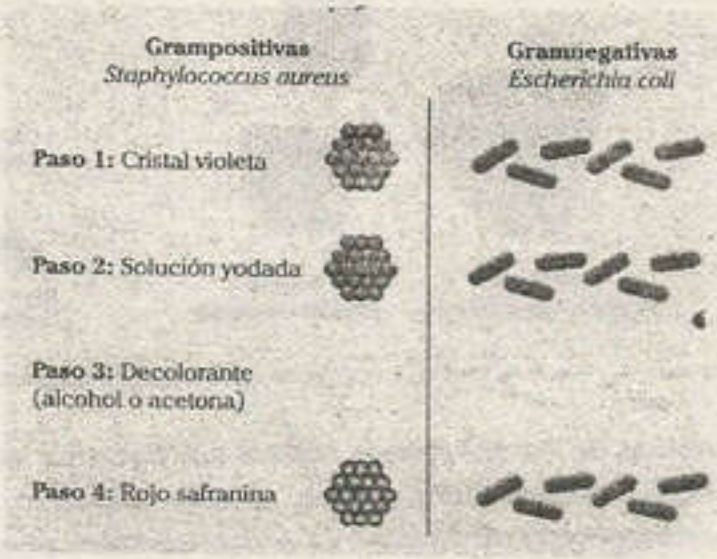
5 ▸ Clasificación

De acuerdo a la tinción de Gram y la forma celular, a las bacterias se les puede clasificar como se observa en el siguiente cuadro:

	GRAMPOSITIVAS	GRAMNEGATIVAS
Características	Toman el colorante cristal violeta y se tiñen de violeta	Toman el colorante safranina y se tiñen de rojo o rosado
	Varias capas de peptidoglucano	Una sola capa de peptidoglucano
	No tienen LPS	Tienen LPS
	Bajo contenido de lípidos y lipoproteínas	Alto contenido de lípidos y lipoproteínas
	Ácidos teicoicos y lipoteicoicos presentes	Ácidos teicoicos y lipoteicoicos ausentes
	Una sola membrana	Membrana interna y externa
	Alta resistencia a la desecación	Baja resistencia a la desecación
	Alta sensibilidad a la lisozima	Baja sensibilidad a la lisozima
Cocos	*Staphilococcus, Micrococcus, Enterococcus, Streptococcus*	*Neisseria, Moraxella*
Bacilos	*Bacillus, Corynebacterium, Streptomyces, Lactobacillus, Clostridium, Actinomyces*	*Salmonella, Klebsiella, Yersinia, Vibrio, Pseudomonas, Helicobacter, Bartonella, Bordetella, Haemophillus*

Hay bacterias que se tiñen poco o nada con la coloración de Gram, por lo cual es necesario utilizar otros colorantes, tal es el caso de *Micobacterium*, *Treponema*, *Micoplasma*, *Ricketsia* y *Chlamidia*.

La tinción de Gram es un método empírico desarrollado en 1884 por el físico danés Hans Christian Gram. La separación de las bacterias en dos grandes grupos está basado en las propiedades físicas y químicas de la pared celular y se usa como primer paso para determinar la identidad de una muestra bacteriana particular.



A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

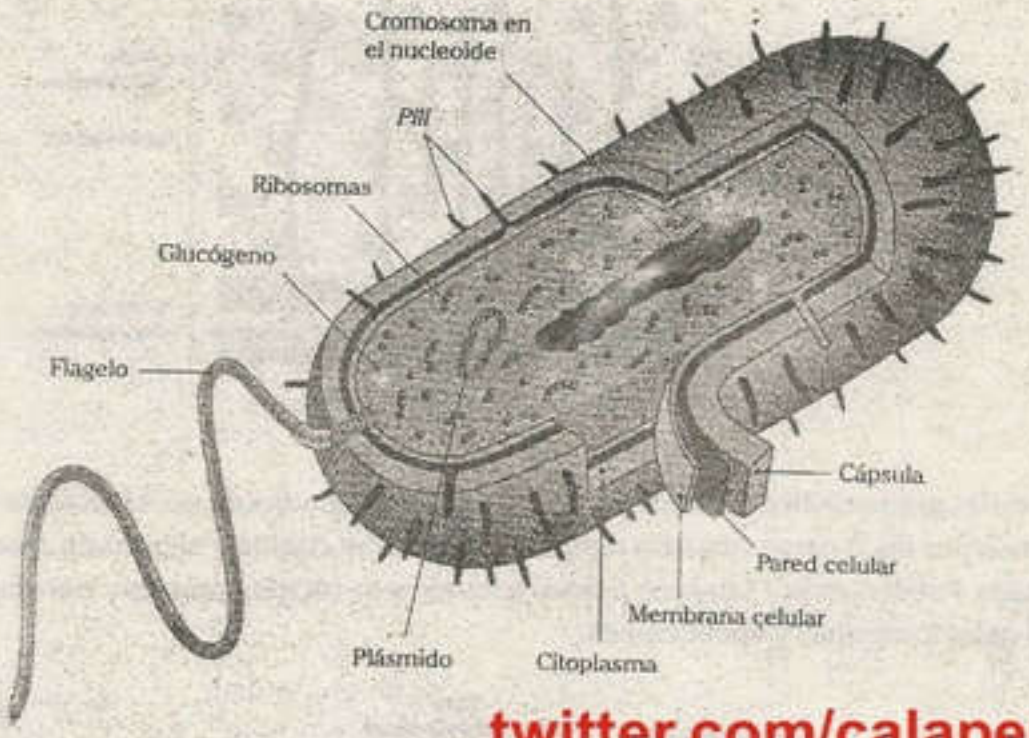
6. ESTRUCTURA

El estudio de la anatomía y fisiología bacterianas tiene gran interés, pues en este conocimiento se basan respuestas a multitud de cuestiones que se plantean en el campo de las enfermedades infecciosas: patogenicidad y virulencia bacteriana, respuesta inmune del organismo invadido, mecanismo de acción de los antibacterianos, resistencia a estos, etcétera.

De afuera hacia dentro de la bacteria encontramos los siguientes componentes:

6.1. CÁPSULA

Es una estructura rígida que se ubica por fuera de la pared celular de algunas bacterias. Generalmente es de naturaleza polisacárida (mezcla de aminoazúcares y ácidos urónicos) a excepción de la cápsula de *Bacillus anthracis* que es peptídica.



twitter.com/calapenshko

La estructura celular bacteriana es sencilla. Aún así, presenta una serie de componentes muy característicos.

La cápsula es sintetizada por las bacterias solo cuando es necesaria para su supervivencia, ya que las capas de polisacáridos retienen agua, lo que contribuye con la resistencia a la desecación. Le proporciona también a la bacteria protección contra la fagocitosis, mejora su virulencia, facilita la invasión del organismo infectado y estimula la producción de anticuerpos por parte del huésped, permitiendo con ello la preparación artificial de vacunas.

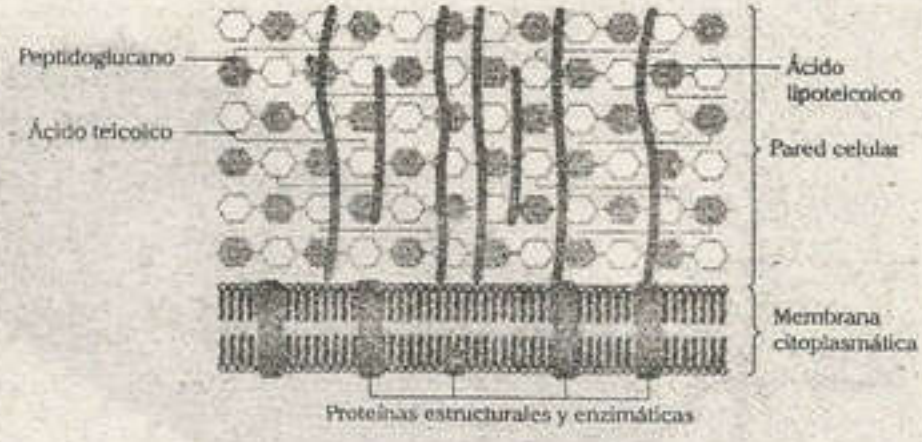
Los géneros bacterianos que generalmente presentan cápsula son *Rhizobium*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Staphylococcus* y *Clostridium*.

5.2. PARED CÉLULAR

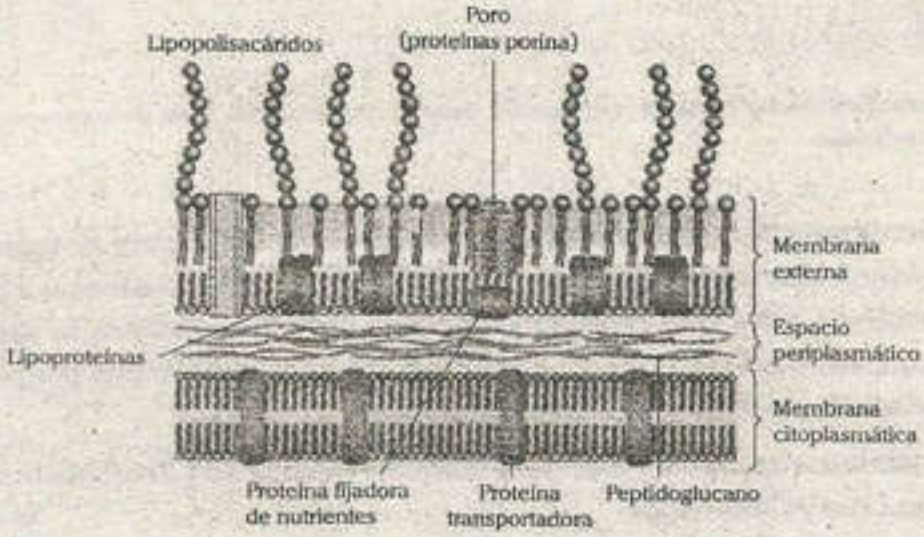
Es una estructura compleja que está presente en todas las bacterias, a excepción de los micoplasmas. Es responsable de la forma de la célula, protege a la bacteria de la presión externa y de los cambios adversos del medioambiente. Sirve como punto de anclaje a los flagelos y es responsable de prevenir la ruptura de la célula bacteriana, ya que la presión osmótica interna de una bacteria es muy alta.

5.2.1. Composición y características

La pared celular bacteriana está formada por una red macromolecular llamada peptidoglucano conocida también como mureína o mucocomplejo de Park. La mureína está formada por unidades repetidas de un disacárido compuesto por N-acetilglucosamina y N-acetilmurámico unido a cadenas de cuatro o cinco aminoácidos (L-alanina, D-alanina, D-glutámico y lisina o en otros casos ácido diaminopimélico (DAP)).



En las bacterias grampositivas, los ácidos teicoicos (con unidades de glicerolfosfato o ribitolfosfato) son responsables de la carga negativa neta de la superficie celular y el paso de iones a través de la pared celular. Pueden existir también ácidos teicurónicos (ácidos urónicos y aminozúcares como la N-acetil-galactosamina) y lipoteicoicos.



En las bacterias gramnegativas el peptidoglicano escaso se encuentra inmerso en el espacio periplásmico. En la capa externa existe un 60% de proteínas y un 40% de lipopolisacáridos (LPS). La parte polisacarídica del LPS contiene al polisacárido O que es un antígeno. La porción lipídica del LPS, llamada lípido A, es una endotoxina que produce fiebre.

6.3. MEMBRANA CELULAR

La membrana citoplasmática es una delgada estructura de 8 nm de espesor que se extiende por debajo de la pared celular, encierra al citoplasma y lo aísla del medio externo.

6.3.1. Composición química

Es una estructura principalmente proteolipídica. Los fosfolípidos más abundantes son fosfatidiletanolamina, fosfatidilglicerol y cardiolipina.

Las bacterias al exponerse a altas temperaturas aumentan la proporción de ácidos grasos saturados, mientras que a bajas, aumentan la de los insaturados, como en el caso de las bacterias psicrófilas.

A diferencia de las membranas eucariotas, carecen de esteroles (con excepción de los micoplasmas). Pero en cambio, en muchas bacterias existe una peculiar clase de compuestos denominados hopanoides (triterpenoides pentacíclicos) que parecen condicionar parte de la rigidez de las membranas citoplásmicas.

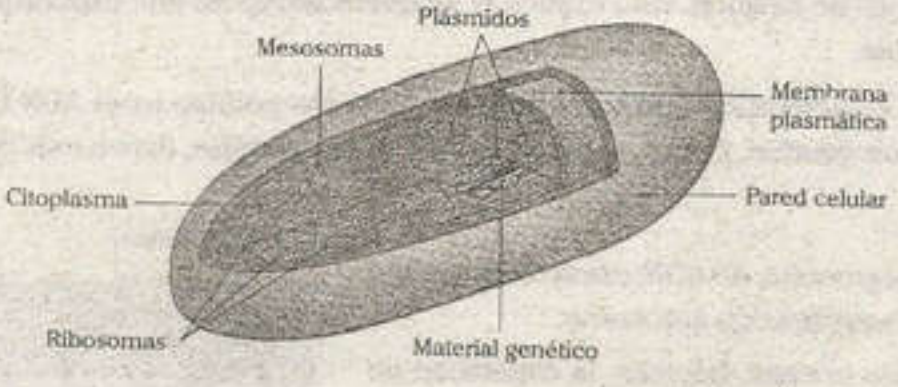
6.3.2. Funciones de la membrana bacteriana

Barrera selectiva

Impide la salida de iones, metabolitos y macromoléculas útiles, pero simultáneamente permite o promueve la entrada de nutrientes y la salida de los productos de desecho. Así, mantiene la constancia del medio interno.

Participa en procesos bioenergéticos (producción de energía)

Las membranas de las bacterias contienen plegamientos denominados mesosomas laterales que participan en la producción de ATP útil para el transporte de nutrientes, el movimiento flagelar, entre otras funciones.



Los mesosomas laterales poseen complejos moleculares como deshidrogenasas, cadenas de transporte de electrones (con quinonas y citocromos) y ATP sintasas. El mesosoma de tabique tiene una estructura molecular diferente.

Lumbreras Editores

Otro plegamiento membranoso da lugar al mesosoma de tabique al cual se adhiere el cromosoma bacteriano. Cuando la bacteria se divide (fisión binaria) se forma un septo transverso y el material genético de la célula parental se reparte entre las dos células hijas idénticas.

Por ejemplo la bacteria *Escherichia coli* puede crecer utilizando lactosa para cuya incorporación requiere del simportador llamado permeasa Lac. El transporte de proteínas al exterior requiere de traslocasas. La traslocasa SecYEG está ampliamente distribuida en las bacterias y trasloca por ejemplo enzimas que degradan al almidón.

Se observan unas proteínas transmembranales llamadas porinas que se asocian entre sí para formar pequeños agujeros de 1 nm de diámetro aproximadamente. Las actividades de apertura y cierre de los poros se relacionan con la resistencia a ciertos antibióticos y el paso de sustancias pequeñas.

Al igual que en las demás células, el citoplasma es un sistema coloidal cuya fase dispersante es el agua y la fase dispersa está constituida por diversas moléculas. La viscosidad es mayor que la del citoplasma eucariótico y está desprovisto de corrientes citoplásmicas.

Este citoplasma bacteriano carece de orgánelos (a excepción de los ribosomas) y estructuras microtubulares que en eucariontes formarían un citoesqueleto pero se pueden encontrar diferentes inclusiones como gránulos de glucógeno, de volutina y otros.

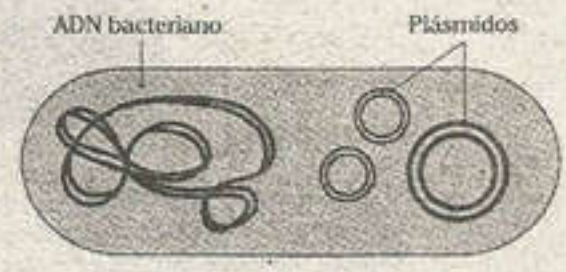
Es un elemento genético formado generalmente por una sola molécula circular de ADN, llamado también genóforo. Posee genes que participan en el control del metabolismo esencial conocidos como *house keeping genes*. El ADN procariótico no se encuentra confinado por una envoltura nuclear como en los eucariotas. Se ubica en el interior del citoplasma a nivel del nucleoide.

El ADN cromosómico es aproximadamente 500 veces más largo que la bacteria que la contiene. El cromosoma más conocido es el de *Escherichia coli* y contiene aproximadamente 4300 genes y alrededor de 1 mm de longitud. Esto explica el superenrolamiento que experimenta el ADN en el interior de la célula.

A pesar de estas características generales, algunas bacterias podrían tener ADN lineal, como en el caso de *Borrelia burgdorferi*, y otras, como *Rhodobacter sphaeroides*, tienen más de un cromosoma.

Son pequeños fragmentos de ADN extracromosómico con capacidad de replicación autónoma.

Algunos plásmidos poseen, además, la capacidad de integrarse reversiblemente en el cromosoma bacteriano. En esta situación reciben el nombre de **episomas**.



Los plásmidos contienen de 2 a 30 genes y pueden ser pocos o más de cien por cada célula.

Algunos de estos plásmidos no solo se transfieren entre cepas de la misma especie, sino que son capaces de hacerlo entre especies y géneros muy diversos, recibiendo el nombre de plásmidos promiscuos o de amplio espectro de hospedadores.

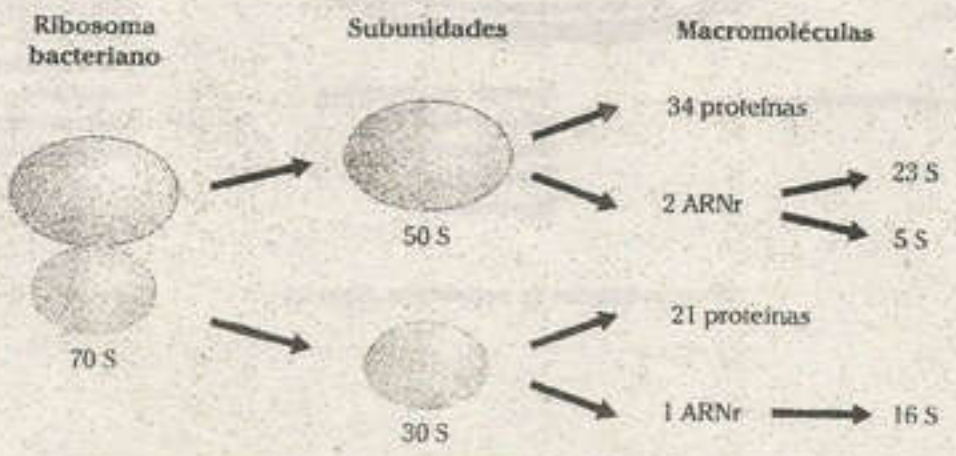
En la técnica del ADN recombinante, el plásmido se usa como vector de clonación para producir genes de interés.

CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSMIDOS

Según su capacidad para transferirse		Según su función				
Conjugativos	No conjugativos	De fertilidad	De resistencia	Col plásmidos	Degradativos	Virulentos
Favorecen la conjugación	No inician procesos conjugativos	Capacitan a la bacteria para la conjugación	Resistencia a los antibióticos	Matan a otras bacterias	Digestión de toxinas	Incremento de la virulencia bacteriana

6.5.2 Ribosomas 70 S

Los ribosomas son organelas nucleoproteicas que participan en la síntesis de proteínas. Se observan aproximadamente 20 000 ribosomas por bacteria y constituyen cerca de una cuarta parte de su volumen. Cuando se observan ribosomas alineados a lo largo del filamento de ARNm constituyen los polirribosomas (polisomas).

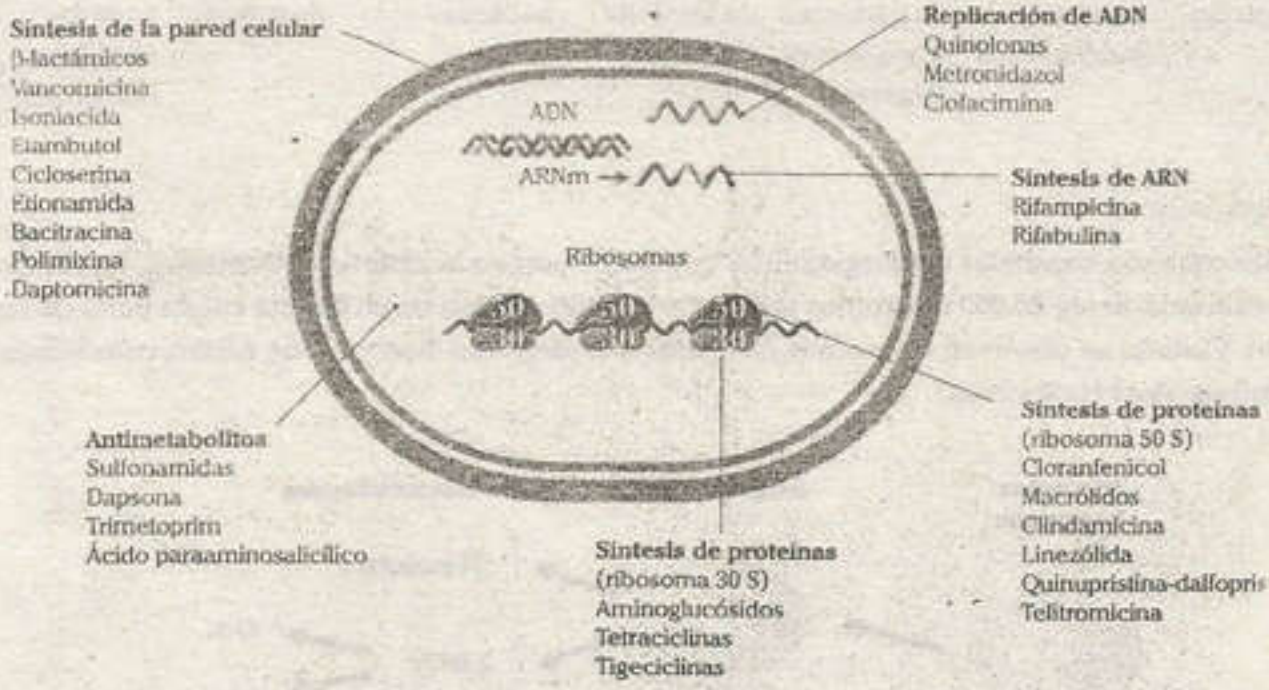


Los ribosomas bacterianos pueden disociarse en una subunidad grande 50 S y una subunidad pequeña 30 S, así ambas partes unidas forman el ribosoma 70 S (unidades Svedberg)

El ARNr tiene una función importante en todas las etapas de la síntesis de proteínas en la bacteria. Por ejemplo, el ARNr 16 S está implicado en la iniciación y la formación del enlace peptídico está asociado al ARNr 23 S que forma parte de la subunidad mayor.

La diferencia entre los ribosomas eucarióticos y procarióticos constituye para las bacterias una desventaja, ya que algunos antibióticos interfieren en la síntesis proteica que realizan los ribosomas 70 S y no afectan cuando se trata de ribosomas 80 S, como se observa en el cuadro.

Antibiótico	Punto de acción
Eritromicina	Función de la subunidad 50 S
Tetraciclinas	Anclaje del ARNt a los ribosomas
Estreptomicina	Unión de los aminoácidos
Cloranfenicol	Incorporación de aminoácidos a las proteínas



Puntos básicos de actividad antibiótica

6.4.4. Inclusiones

Carboxisomas

Son estructuras constituidas por la enzima RuBisCo que interviene en la fijación de CO_2 durante el ciclo de Calvin de la fotosíntesis. Están presentes en bacterias fotoautótrofas y se cree que permiten incrementar la cantidad de RuBisCo al afectar la presión osmótica del citoplasma.

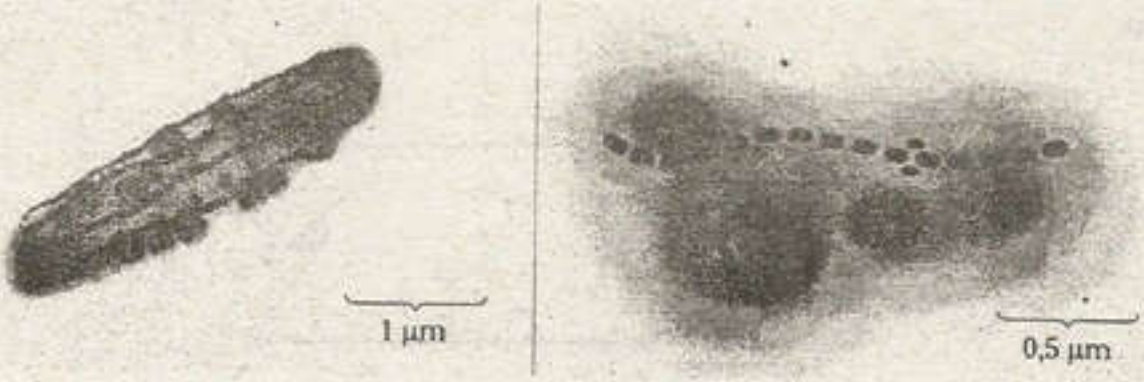
Entre las bacterias que contienen carboxisomas se puede mencionar a las nitrificantes, las cianobacterias y los tiobacilos.

Se hallan en bacterias que flotan en los lagos y en el mar. Son estructuras con distinta longitud y diámetro que permiten la flotación a diferentes alturas de su medio acuático. Son características de bacterias fotosintéticas anoxigénicas, cianobacterias y halobacterias. Las membranas de estas vesículas solo están constituidas por proteínas.

Son vesículas presentes en las bacterias fotosintéticas verdes del azufre. Son invisibles a la microscopía óptica y están rodeadas de una monocapa de proteínas. Están compuestas principalmente por los pigmentos antena como las bacteriocloroflias y por pequeñas cantidades de carotenoides y quinonas.

Son orgánulos sensores del campo magnético terrestre, que aparecen en ciertas bacterias acuáticas flageladas y microaerófilas, como *Aquaspirillum magnetotacticum*. Consisten en cristales homogéneos de magnetita (Fe_3O_4) delimitados por una envoltura proteica.

Se sabe que permiten la orientación de bacterias magnetotácticas, determinando la orientación de su natación. En el hemisferio norte, el campo magnético está orientado hacia abajo, y en el sur hacia arriba. Las bacterias magnetotácticas del hemisferio septentrional se orientan al norte y las del meridional al sur. Por consiguiente, cuando las bacterias son removidas de los fondos donde viven, por magnetotaxia pueden volver al fondo, que es donde encuentran las concentraciones de oxígeno adecuadas para su modo de vida.



Los cristales componentes del magnetosoma suelen disponerse en filas paralelas al eje longitudinal de la bacteria, o en otras agrupaciones regulares de varias unidades, hasta varias decenas.

Llamados también gránulos de volutina. Se trata de una forma de reserva de fosfato inorgánico (polifosfato) que puede utilizarse en la síntesis de ATP. La volutina se forma generalmente en células que crecen en ambientes ricos en fosfatos. Estos gránulos son bastante grandes y característicos en *Corynebacterium diphtheriae*, el agente etiológico de la difteria, por lo que tienen valor diagnóstico.

El nombre de "metacromáticos" alude a que muestran cambio de color. Cuando se tiñen con azul de toluidina o azul de metileno, se colorean de rojo.

Están formados por glucógeno y almidón. Al tratarlos con yodo, los gránulos de glucógeno aparecen de color marrón rojizo y los de almidón se observan azules.

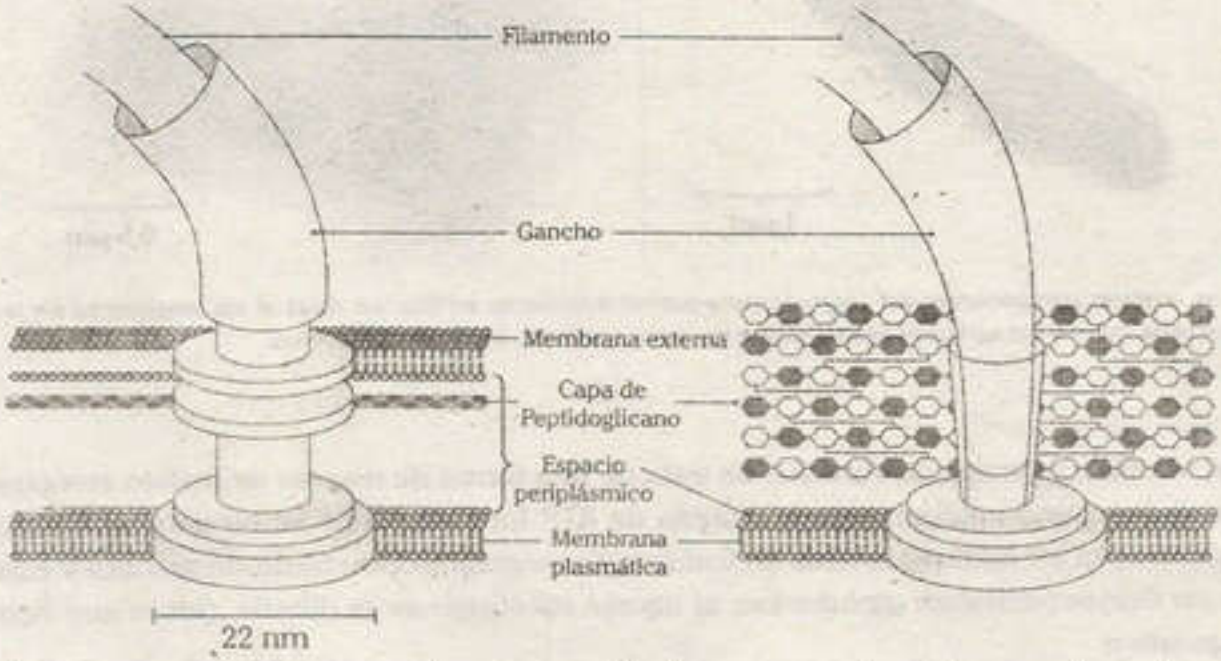
Estas inclusiones son reservas de carbono osmóticamente inertes. La célula puede albergar grandes cantidades de glucosa, pero si estuvieran como moléculas libres dentro del citoplasma podrían tener efectos osmóticos muy negativos.

Un lípido hallado corrientemente como material de reserva y exclusivo de las bacterias es el polímero de ácido poli-β-hidroxi-butírico (PHB). Las inclusiones lipídicas aparecen en varias especies de *Mycobacterium*, *Bacillus*, *Azotobacter*, *Spirillum* y otros géneros.

Estas inclusiones aparecen en dos grupos de bacterias: púrpuras del azufre y filamentosas no fotosintéticas. Ambas usan el azufre como donador de electrones.

Ciertas bacterias, conocidas como *Thiobacillus*, obtienen energía al oxidar azufre y compuestos de azufre. Estas bacterias pueden depositar gránulos de azufre en el interior de la célula, donde le sirven como reserva de energía.

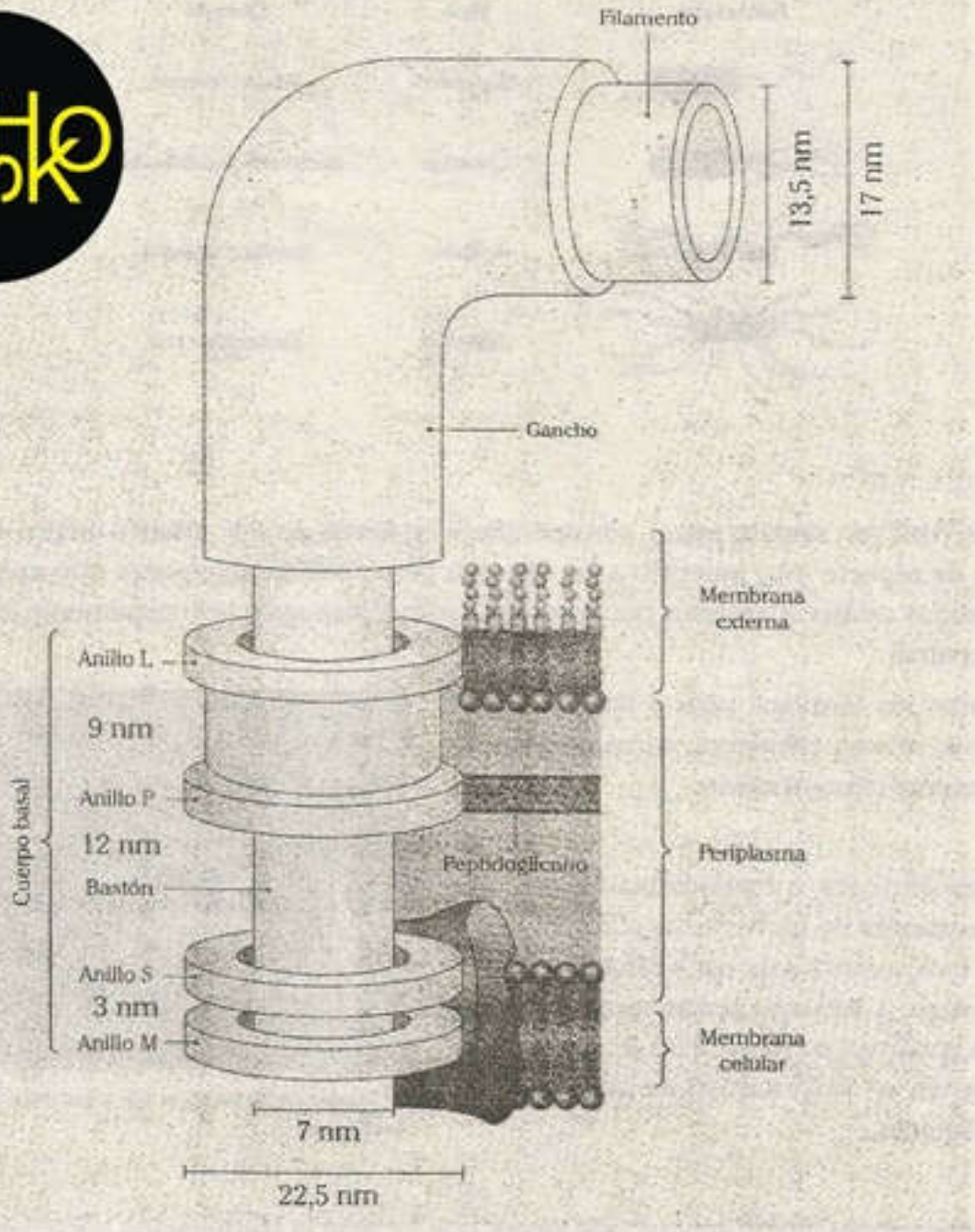
Un gran número de bacterias utilizan flagelos para desplazarse y alcanzar distintas zonas de su microentorno, principalmente en medios líquidos. Sin embargo, la estructura de los flagelos procariotas y eucariotas es totalmente diferente, tanto en estructura como en mecanismo de funcionamiento.



En bacterias gramnegativas existe un anillo externo anclado a la capa de lipopolisacárido, otro en la capa de peptidoglicano de la pared celular, y un anillo interno que está situado en la membrana citoplasmática. En bacterias grampositivas solo existe el par de anillos internos.

El flagelo bacteriano es un largo apéndice filamentoso y helicoidal muy fino (20 nm) formado por subunidades de una proteína denominada flagelina.

Entre sus partes tenemos: aparato basal, gancho y filamento. El gancho tiene la función de unir el filamento a la parte motora del flagelo que está anclada a la membrana citoplasmática y a la pared celular. La energía para el movimiento del flagelo proviene de la fuerza motriz generada por el gradiente de protones.



La rotación flagelar puede mover a las bacterias a través de un medio líquido a velocidades de hasta 60 longitudes celulares por segundo. Comparativamente, el animal terrestre más veloz, el guepardo, se mueve solo a una velocidad de 25 longitudes corporales por segundo.

Según el número y la localización de los flagelos las bacterias se denominan:

- **Monótricas.** Cuando tienen un solo flagelo.
- **Lofótricas.** Con dos o más flagelos formando un penacho, normalmente en un polo.
- **Anfitricas.** Dos penachos de flagelos, uno en cada polo.
- **Perítricas.** Con flagelos repartidos por toda la superficie como en *Escherichia coli* que posee diez flagelos.
- **Átricas.** Cuando no presentan flagelo.

Estructura	Tipo	Ejemplo
	Monotrico	*Vibrio cholerae*
	Lofotrico	*Bartonella bacilliformis*
	Anfitrico	*Spirillum serpens*
	Peritrico	*Escherichia coli*

twitter.com/calapenshko

5.6. FIMBRIAS O PILI

Las fimbrias, o *pili* (en singular *pilus*), son apéndices en forma de vell sidades unidos a las células bacterianas de aspecto muy parecido a los flagelos, pero considerablemente más cortos y delgados. Las fimbrias están compuestas por la proteína *pilina*, dispuesta helicoidalmente alrededor de un núcleo central.

Generalmente, los términos *pilus* y fimbria hacen referencia a la misma estructura, aunque se puede hacer la siguiente diferenciación:

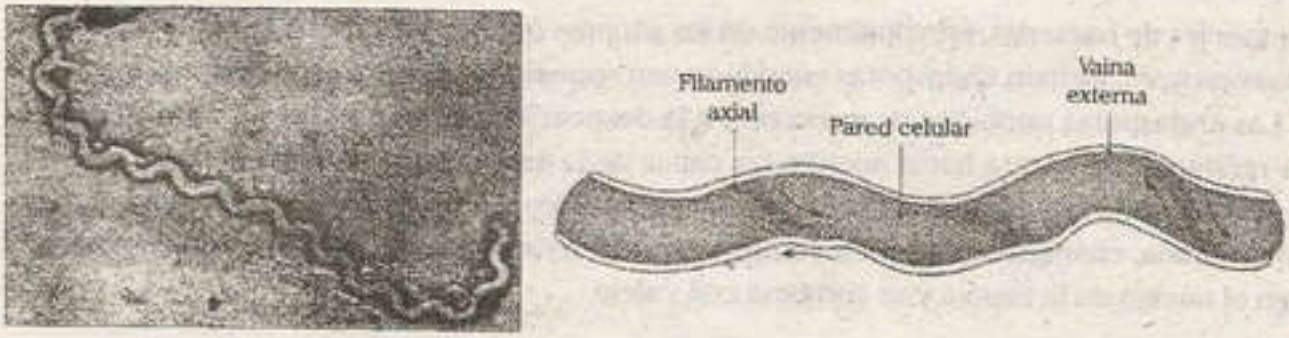
Son las prolongaciones, a menudo más cortas, que facilitan la **adhesión** de las bacterias a las diferentes superficies, incluyendo las de otras células; esto permite por ejemplo a *Neisseria gonorrhoeae*, el agente causal de la gonorrea, a colonizar las mucosas. También intervienen en la formación de *biofilms* sobre superficies líquidas.

El filamento largo es el *pili* y permite la conjugación bacteriana.

Son las prolongaciones, por lo general más largas, que facilitan la **conjugación** bacteriana. Este proceso consiste en la unión de las células y la posterior transferencia de ADN desde una célula a la otra. También funcionan como receptores para algunos virus. Son menos numerosos que las fimbrias.

6.1. FILAMENTOS AXIALES

Poseen una estructura similar a la de los flagelos bacterianos, por lo cual son llamados también endoflagelos. A diferencia de los espirilos que poseen flagelos, las espiroquetas como *Treponema pallidum* (agente etiológico de la sífilis) y *Borrelia burgdorferi* (agente de la enfermedad de Lyme) se mueven por medio de filamentos axiales que emergen de ambos extremos de la célula y la rodean en espiral por debajo de la vaina. La rotación de los filamentos hace que la célula helicoidal y rígida gire en dirección opuesta avanzando como un sacacorchos.



Presencia de filamentos axiales en la espiroqueta Leptospira.

7. FISIOLOGÍA BACTERIANA

7.1. NUTRICIÓN

Para que una bacteria pueda vivir y reproducirse debe disponer de los elementos energéticos, constitutivos y condiciones fisicoquímicas adecuadas. Las bacterias se pueden clasificar en distintos tipos tróficos según el origen de la fuente de energía, la fuente de carbono utilizada y el último aceptor de electrones.

7.1.1. Según la fuente de energía

Fotótrofos

Utilizan la energía luminosa como fuente de energía y la transforman en ATP para su crecimiento. Si el radical dador de electrones es un compuesto inorgánico reciben el nombre de fotolitótrofos, si es un compuesto orgánico reciben el nombre de fotoorganótrofos.

Quimiótrofos

La fuente de energía se genera por reacciones de óxido-reducción. Asimismo, si el radical dador de electrones es un compuesto mineral se denominan quimiolitótrofas y si es un compuesto orgánico quimioorganótrofas. La mayoría de bacterias quimioorganótrofas afectan al hombre.

7.1.2. Según la fuente de carbono

Autótrofos

Utilizan como fuente de carbono fundamentalmente al CO_2, a partir del cual tienen la capacidad de sintetizar los esqueletos carbonados de los metabolitos orgánicos.

Heterótrofos

Son incapaces de sintetizar sus propios constituyentes a partir de compuestos inorgánicos y necesitan compuestos orgánicos para obtener energía suficiente.

Lumbreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

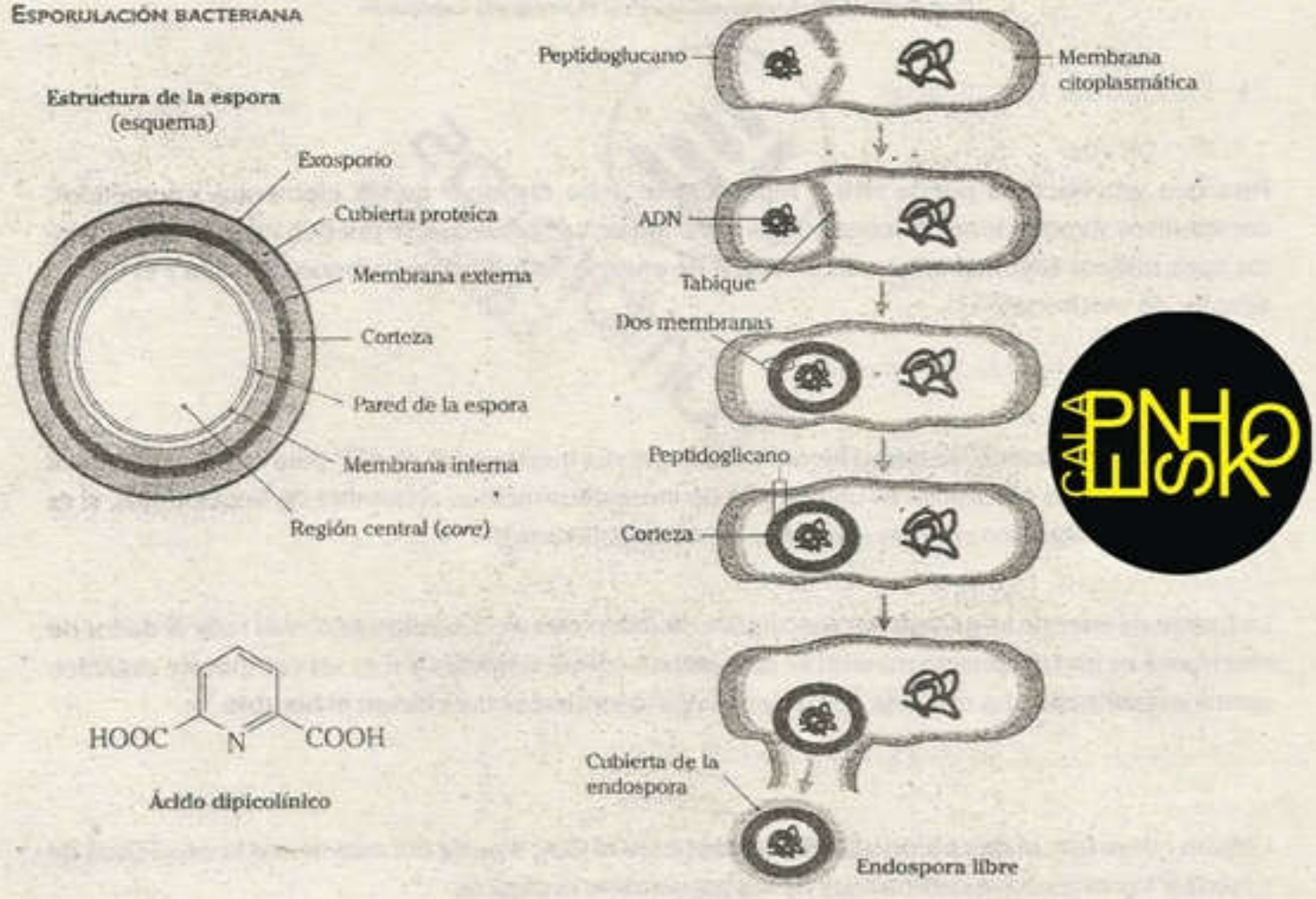
18 de agosto del 2020

Aquellas que emplean el oxígeno molecular como último aceptor de electrones.

Aquellas que en lugar de oxígeno utilizan alguna otra molécula como aceptor de electrones. Hay bacterias que tienen ambas características, por lo cual se les denomina facultativas.

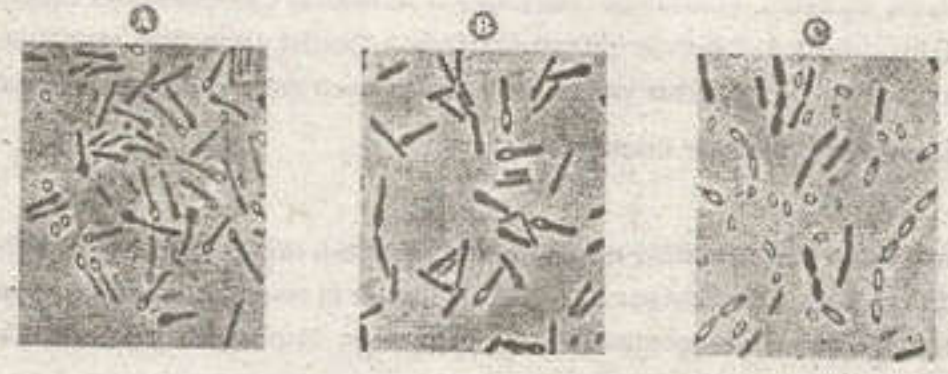
7.2. ESPORULACIÓN

Algunas especies de bacterias, principalmente de los géneros *Bacillus*, *Clostridium*, *Sporosarcina* y *Thermoactinomyces*, forman endosporas cuando se ven sometidas a privación de nutrientes como C, N o P. Las endosporas también son resistentes a la desecación, los ácidos, la radiación y desinfectantes químicos. De afuera hacia adentro las capas de la espora son: el exosporio proteico, la cubierta de la espora, el córtex de peptidoglucano y el núcleo o protoplasto de la espora (pared celular, membrana, citoplasma, etc.). Un compuesto característico es el ácido dipicolínico que se localiza en el núcleo de la espora y se combina con calcio.



La célula vegetativa genera la endospora y se autolisa, liberando la espora, que es capaz de permanecer en estado criptobiótico, durmiente, varios decenios, incluso siglos. Las esporas son fácilmente diseminadas por el aire; cuando caen en medios ricos en nutrientes se desencadena su germinación y se reinicia la actividad metabólica, de modo que cada espora genera una nueva célula vegetativa, capaz de dividirse.

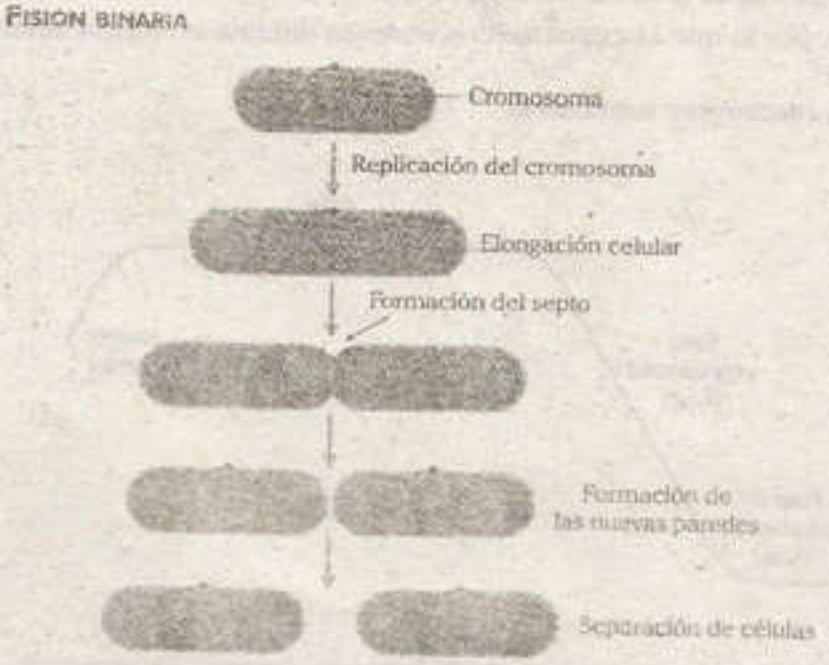
La posición de la espora dentro de la bacteria es característica de las diferentes especies, por lo tanto tiene utilidad para identificarlas.



Las endosporas pueden ser: A. terminales, B. subterminales y C. centrales

7.3. REPRODUCCIÓN

Las bacterias se reproducen por fisión binaria transversal y en promedio el tiempo de generación en la fase activa de multiplicación es de 20 a 60 minutos. En *Mycobacterium* la división es muy lenta, ocurre después de 20 horas, mientras que *Escherichia coli* puede completar su ciclo en 20 minutos, sometida a buenas condiciones nutritivas. La división bacteriana se inicia con la replicación del ADN y se inicia en uno o más puntos llamados "origen". Simultáneamente, a partir de la zona central de una y otra parte de la célula, la pared y los mesosomas de tabique comienzan a crecer invaginándose y formando una partición conocida como septo transverso, el cual a manera de un diafragma tiende a dividir la célula madre en dos células hijas. El fin de la replicación sobreviene cuando termina la formación del septo, que si al principio es poco manifiesto y fino, más tarde presenta la misma estructura que la pared bacteriana. Este proceso de división puede ser inhibido con el uso de radiaciones ultravioleta, ciertos antibióticos, defectos nutricionales y las mutaciones.



Reproducción bacteriana por fisión binaria

7.3.1. Crecimiento poblacional

Se refiere al incremento del número de células bacterianas. Depende de la especie, medio de cultivo, pH, temperatura, etcétera. El análisis cuantitativo se realiza calculando el aumento numérico y el análisis cualitativo implica observar el tamaño, forma, borde, superficie, consistencia, transparencia, etc. de las colonias bacterianas ya que en cada género es más o menos constante.

El crecimiento bacteriano consta de cuatro fases:

Fase de latencia

Las bacterias transferidas de un cultivo en fase estacionaria a un medio fresco, sufren un cambio en su composición química antes de ser capaces de iniciar la multiplicación, asociado a un incremento de la susceptibilidad a los agentes físicos y químicos. Implica intensa actividad metabólica casi sin división celular, por lo cual no se observa crecimiento de la población. Esta es en realidad una fase de adaptación, en la cual las bacterias sintetizan ARN, enzimas y otras moléculas.

Fase exponencial

También se llama fase logarítmica. Existe un marcado aumento del número total de células viables. Próximo al final de esta fase, ocurre la liberación de exotoxinas por parte de algunas bacterias. La velocidad de crecimiento exponencial depende de las condiciones ambientales así como de las características genéticas del organismo.

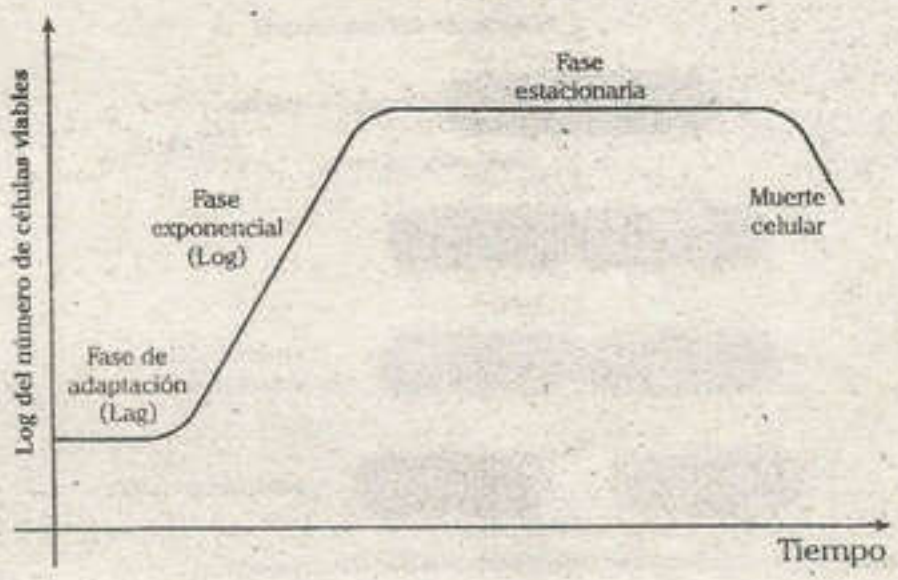
Fase estacionaria

El agotamiento de los nutrientes o la acumulación de productos tóxicos determina el cese del crecimiento poblacional. Hay una pérdida de células por muerte, que es balanceada por la formación de nuevas células. Sobre el final de esta etapa puede ocurrir la esporulación en aquellas bacterias que poseen este mecanismo de resistencia.

Fase de muerte

Luego de la fase estacionaria, la tasa de muerte se incrementa y el número de bacterias viables disminuye rápidamente, por lo que la curva de crecimiento declina en forma sostenida.

CURVA DE CRECIMIENTO BACTERIANO



Lumbreras Editores

En el proceso de crecimiento bacteriano se pueden formar los **biofilms**, que son comunidades bacterianas sésiles que interactúan entre sí y con el medio ambiente. Estos biofilms pueden generar enfermedades como endocarditis, otitis y prostatitis, pero por otro lado pueden ser también beneficiosos. Por ejemplo, el biofilm de lactobacilos que se forma a nivel vaginal, reduce los valores de pH y brinda protección contra las infecciones.

La comunicación bacteriana se incrementa a medida que se adhieren más células. Este proceso de autoinducción es importante para formar biofilms y se denomina *quorum sensing*.

7.4. TRANSFERENCIA GENÉTICA

Las bacterias pueden cambiar su información genética mediante mutaciones y por la adquisición de ADN a partir de otras bacterias o virus. Esta transferencia se puede realizar por varios mecanismos que tienen como consecuencia la adquisición de un poder patógeno, la resistencia a los antimicrobianos e incluso fenómenos de evolución bacteriana.

7.4.1. Transformación

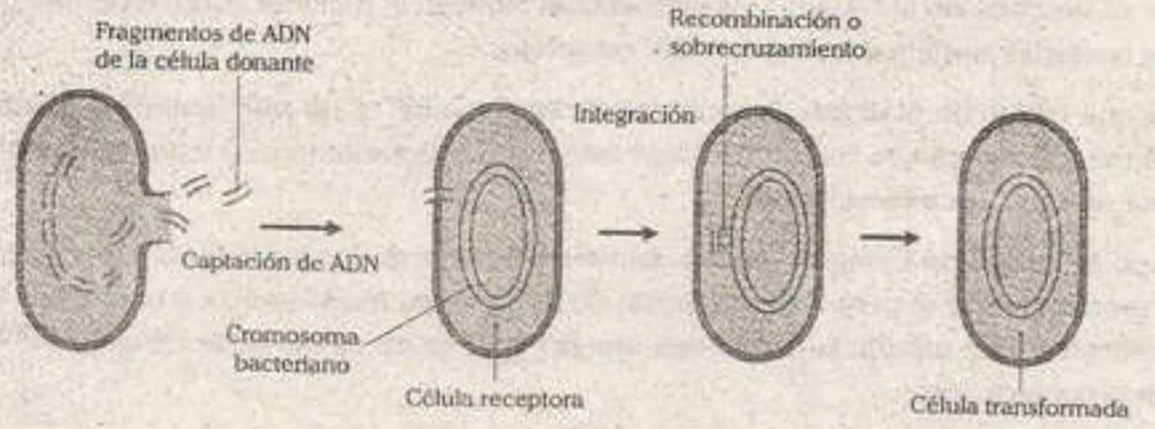
Es un proceso en el que las células absorben ADN liberado por una bacteria muerta. El ADN es atrapado e introducido por un complejo proteínico presente en la superficie de la bacteria. Durante el proceso, ciertas enzimas degradan una de las dos cadenas de la molécula. La otra puede acabar integrándose en el cromosoma de la bacteria.

Una célula que es capaz de tomar ADN foráneo se denomina **competente**, y al parecer es una propiedad determinada genéticamente. En *Bacillus* el 20% de las células se hacen competentes y permanecen así durante varias horas, mientras que en *Streptococcus* el 100% de células se hacen competentes pero solo unos minutos, durante el ciclo de crecimiento.

Las bacterias también pueden ser transformadas por captación de ADN viral, en cuyo caso el proceso lleva por nombre **transfección**.

Lumbreras Editores

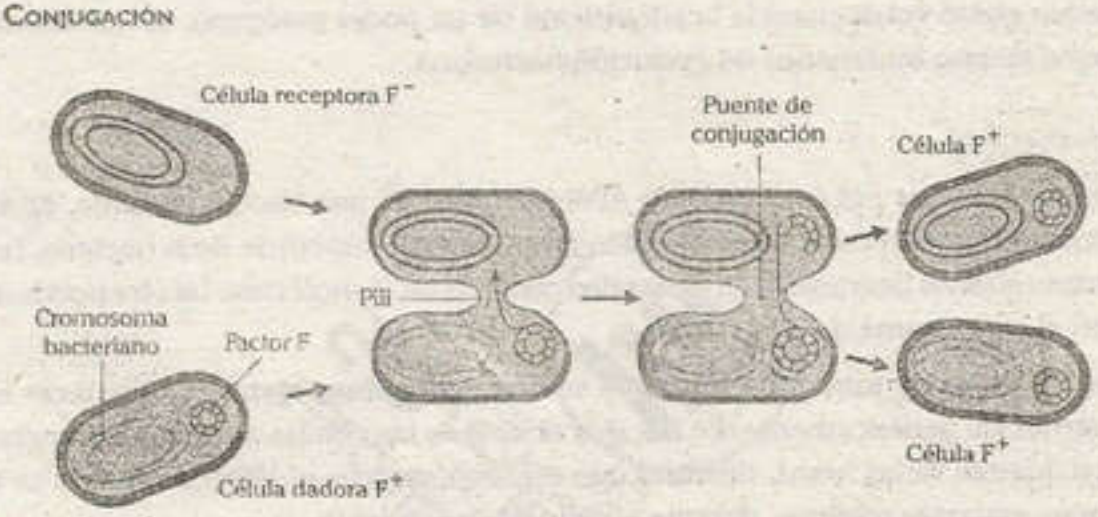
TRANSFORMACIÓN



Aunque la transformación ocurre en condiciones naturales, se puede inducir la competencia de las bacterias en laboratorio de dos maneras: por electroporación y mediante tratamientos con soluciones concentradas de calcio.

Es un mecanismo de recombinación genética que requiere el contacto directo entre dos bacterias. Es un proceso polarizado, es decir, siempre va en la misma dirección, por lo que hay células dentro de una población de bacterias que siempre actúan como dadora y otras que actúan siempre como aceptoras.

Durante la conjugación, tiene lugar la copia y transferencia del factor F desde la célula F^+ a la F^- y al final de la conjugación se obtienen dos bacterias F^+. El factor F codifica resistencia a los antibióticos. Así, si un individuo de la población presenta resistencia a los antibióticos, esta cualidad se va a extender a toda la población.



El plásmido conjugativo de una bacteria contiene genes que codifican la síntesis del pelo sexual, por lo cual esta estructura solo se encuentra en las células donadoras.

Durante este proceso solo se transfiere una de las hebras del ADN a la bacteria receptora; paralelamente, se va sintetizando la cadena complementaria tanto en el donador como en el receptor. Al final ambas bacterias participantes tienen ADN completos.

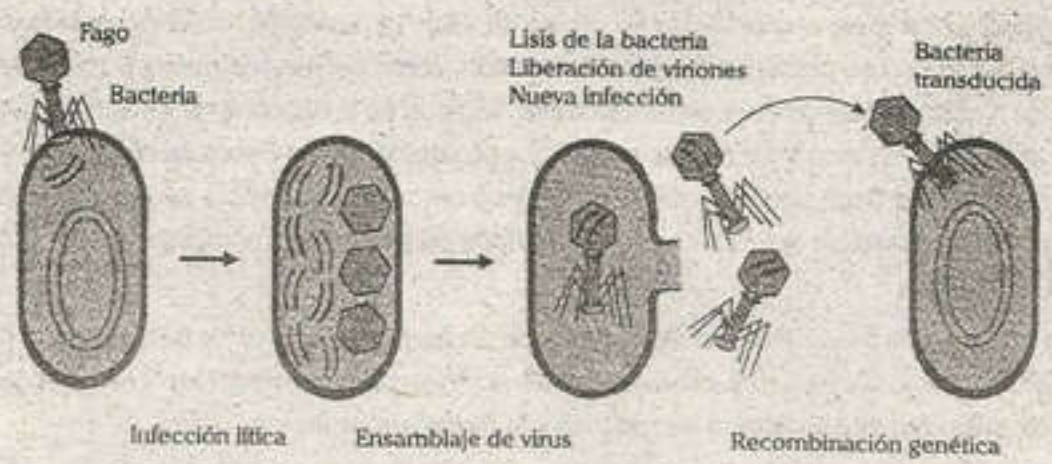
Las células que tienen un plásmido F no integrado se llaman F^+ y las que tienen un plásmido F integrado en el cromosoma se llaman Hfr (*high frecuency of recombination*) y pueden transferir a otra bacteria segmentos cromosómicos.

La presencia del plásmido F origina tres alteraciones distintas en las propiedades de una célula: capacidad para sintetizar el pelo F, movilización de ADN par su transferencia a otra célula y alteración de receptores de superficie de manera que la célula ya no es capaz de comportarse como receptor en la conjugación.

1.4.2. Transducción

Ocurre cuando un bacteriófago (virus que infecta a bacterias) le inyecta su ADN a una bacteria. En el interior de esta, el ADN inyectado se replica y el cromosoma de la bacteria se degrada. Lo normal es que el ADN vírico se empaquete en nuevas partículas víricas, que salen al exterior tras la lisis de la célula. Sin embargo, algunas partículas capturan ADN bacteriano y lo transportan hasta una segunda bacteria, que puede terminar incorporándolo en su propio cromosoma.

TRANSDUCCIÓN



En la transducción generalizada, el ADN de la bacteria reemplaza al genoma viral. En la transducción especializada una región del cromosoma bacteriano se integra en el genoma del virus reemplazando algunos de sus genes.

Referencias bibliográficas

- JAWETZ, MELNICK, ADELBERG. *Microbiología médica*. Decimonovena edición. México D. F.: Manual Moderno, 2008.
- MADIGAN, MARTINKO, PARKER. *Brock, Biología de los microorganismos*. Décima edición. Madrid: Pearson educación, 2004.
- MURRAY, Patrick; ROSENTHAL, Ken y Michael PFALLER. *Microbiología médica*. Quinta edición, Madrid: Elsevier, 2006.

Lectura

Flora microbiana en el ser humano

La flora microbiana, presente tanto en la superficie como en el interior del organismo humano, se encuentra en un continuo estado de flujo determinado por diversos factores como edad, dieta, estado hormonal, de salud e higiene personal.

Mientras el feto humano se encuentra en un ambiente estéril y protegido, el recién nacido está expuesto a microorganismos procedentes tanto de la madre como del medioambiente. Lo primero que colonizan los microorganismos es la piel del lactante, seguida de la bucofaringe, el aparato digestivo y otras mucosas. En la boca y faringe se encuentran bacterias como *Peptostreptococcus* y *Fusobacterium*, además de otros potencialmente patógenos como *Streptococcus pyogenes* y *Neisseria meningitidis*. Tanto a nivel de la boca como de la faringe se encuentran normalmente estafilococos coagulasa negativos.

Los únicos organismos presentes en el estómago son un pequeño número de bacterias con tolerancia a los ácidos, como las bacterias productoras de ácido láctico (*Lactobacillus* y *Streptococcus*) y *Helicobacter pylori* (agente etiológico de gastritis y enfermedad ulcerosa).

En el intestino delgado se pueden encontrar numerosos microorganismos anaerobios como *Peptostreptococcus*, *Porphyromonas* y *Prevotella*. Sin duda, el intestino grueso contiene un número más elevado de microorganismos que cualquier otra localización en el ser humano. Se estima que en las heces pueden existir más de 10^{11} bacterias por gramo. Las más frecuentes pertenecen a *Bifidobacterium*, *Eubacterium*, Bacteroides, *Enterococcus* y a la familia *Enterobacteriaceae*. *Escherichia coli* representa menos del 1% de la población microbiana intestinal. Por el contrario, *Eubacterium* y *Bifidobacterium* son las bacterias que se encuentran más a menudo en el intestino grueso.

En general, la porción anterior de la uretra y la vagina son las únicas localizaciones del aparato genitourinario que están colonizadas por microorganismos de manera permanente. La población microbiana de la vagina se ve influida en gran medida por diversos factores hormonales. Las recién nacidas están colonizadas ya por lactobacilos desde su nacimiento. Posteriormente la flora vaginal se modifica e incluye estafilococos, estreptococos y miembros de la familia *Enterobacteriaceae*.

Aunque un gran número de microorganismos están en contacto con la superficie cutánea, este ambiente relativamente hostil no es favorable para la supervivencia de la mayoría de ellos. Los microorganismos que se encuentran con mayor frecuencia en la superficie cutánea son bacterias grampositivas como *Staphylococcus*, *corinebacterias* y *propionibacterias*.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Una evidencia de la importancia ecológica de las bacterias es su participación en el ciclo del nitrógeno. ¿Cuál de las siguientes no está relacionada con este ciclo?

A) *Rhizobium*
B) *Desulfovibrio*
C) *Azotobacter*
D) *Bacillus*
E) *Pseudomonas*

Resolución

Uno de los eventos del ciclo del nitrógeno es la fijación y asimilación del nitrógeno atmosférico llevada a cabo por microorganismos diazotrofos como *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Anabaena*, etc. Durante la nitrificación intervienen *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. Los procesos de desnitrificación se relacionan con la acción de bacterias del género *Pseudomonas*.

Pregunta 2

Las estructuras capaces de transferir materiales genéticos extracromosómicos durante la conjugación bacteriana se denominan

A) magnetosomas.
B) flagelo.
C) *pili*.
D) ribosoma.
E) plásmido.

Resolución

Los *pili* o fimbrias son estructuras proteicas formadas por la proteína pilina, la cual es hueca y forma un puente de comunicación entre la bacteria donadora y receptora. El *pilus* sexual (*pili* en plural) favorece la transferencia de plásmidos durante la conjugación.

Pregunta 3

¿Cuál es la estructura que brinda protección a la bacteria y se encuentra por encima de la pared celular?

A) el plasmalema
B) el protoplasto
C) los ribosomas
D) los mesosomas
E) la cápsula

Resolución

La cápsula aparece en algunas bacterias como *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus* y *Klebsiella meningitidis*. Se encuentra en la parte externa de la pared celular y cuando se asocia a esta laxamente recibe el nombre de glucocáliz. Está constituida de polisacáridos, polialcoholes y aminoazúcares, aunque en *Bacillus* la cápsula es polipeptídica. Cumple funciones como protección frente a la fagocitosis, fijación a las células hospedadoras y resistencia a la desecación.

Pregunta 4

La mureína es el material del cual está constituida la pared celular de muchos procariotas. Este material tiene como uno de sus componentes a unidades de

A) N acetil glucosamina.
B) galactosa.
C) glucosa.
D) sacarosa.
E) ribosa.

Lumbreras Editores

Resolución

El peptidoglicano o mureína se encuentra en todas las eubacterias, a excepción de los micoplasmas. Consta de un esqueleto glucídico alternado de N acetil glucosamina y ácido N acetil murámico unidos por enlace β(1-4) a los cuales se unen además tetrapéptidos cortos. Los tipos de aminoácidos y el grado de entrecruzamiento son componentes variables en la estructura del peptidoglicano.

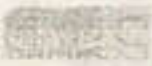
Pregunta 5

La penicilina es un antibiótico de acción eficaz contra bacterias grampositivas, ya que inhibe la síntesis de ..... que constituye la pared celular de dichos organismos.

A) celulosa
B) quitina
C) peptidoglicano
D) colesterol
E) fosfolípidos

Resolución

Durante la síntesis de peptidoglicano, la transpeptidasa cataliza la formación de enlaces transversales sobre la cadena de peptidoglicano, y une el grupo amino de una cadena donadora con la D-alanina del peptidoglicano recién sintetizado. La unión de la penicilina a la transpeptidasa tiene como resultado la formación del intermediario peniciloil, de manera que se bloquea la síntesis del peptidoglicano.



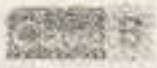
Pregunta 6

En las bacterias gramnegativas el espacio que va desde membrana plásmática hasta la membrana externa se denomina ..... y tiene aparentemente una consistencia gelatinosa.

A) nucleoide
B) espacio periplásmico
C) mesosoma de tabique
D) ácido teicoico
E) cuerpo de inclusión

Resolución

Inmediatamente por fuera de la membrana celular se encuentra el espacio periplásmico, donde se hallan las enzimas degradativas, proteínas transportadoras y de unión específicas para vitaminas, aminoácidos e iones. Este espacio está comprendido entre la membrana interna y la externa de una bacteria gramnegativa.



Pregunta 7

Las bacterias tienen fundamentalmente un único cromosoma que contiene su información hereditaria. Entre las características de este cromosoma se puede afirmar que

A) es un ADN superenrollado.
B) presenta histonas asociadas.
C) se encuentra rodeado por una carioteca.
D) no codifica proteínas.
E) es generalmente lineal.

Resolución

La información hereditaria de las bacterias se encuentra en un ADN circular, desnudo (sin histonas) y superenrollado que es generalmente unas mil veces el tamaño de las células en las cuales se encuentra. Por ejemplo, en la bacteria *Escherichia coli* el ADN tiene una longitud de 1100 metros y 3 200 000 pares de bases.

Lumbreras Editores

Pregunta 8

La alteración genética de una bacteria como resultado de la absorción directa, incorporación y expresión de ADN exógeno recibe el nombre de

A) conjugación. B) transducción.
C) transformación.
D) traducción. E) transcripción.

Resolución

Algunas bacterias son fisiológicamente capaces de incorporar ADN, a partir de una bacteria donante, y por ello se denominan competentes. Este proceso, conocido como transformación, ocurre de forma natural en algunas especies de bacterias, aunque también se puede efectuar por medios artificiales. La condición de competencia puede ocurrir debido a la falta de nutrientes o un elevado número celular.

Clave C

Pregunta 9

La fase Log representada en la curva de crecimiento bacteriano explica

A) el cese del crecimiento.
B) la muerte masiva de las bacterias.
C) el incremento poblacional.
D) el cese del crecimiento por aumento de toxinas.
E) la actividad metabólica sin división.

Resolución

Es la fase exponencial del crecimiento bacteriano caracterizado por la duplicación constante de las bacterias y, por lo tanto, por un aumento de la población. Bajo condiciones apropiadas, durante esta fase el grado de desarrollo es máximo. Cada división celular tarda el mismo tiempo que la división que la precedió. Por ejemplo, una población de cianobacterias duplica su número cuatro veces por día.

Clave C

Pregunta 10

Las ..... son estructuras no reproductivas producidas por algunas bacterias. Son resistentes a la radiación, a la desecación, a la lisozima, al calor, a los desinfectantes y a la trituración mecánica.

A) fimbrias B) volutinas
C) inclusiones
D) paredes celulares E) endosporas

Resolución

Algunos géneros bacterianos, entre los que podemos mencionar *Bacillus* y *Clostridium*, son capaces de formar estructuras llamadas endosporas. Estas no se forman normalmente durante el crecimiento exponencial, por el contrario, aparecen como consecuencia de la limitación de nutrientes. Entre los componentes de la endospora encontramos ácido dipicolínico, proteínas, polisacáridos y lípidos.

Clave E

Pregunta 11

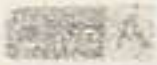
Además de tener función estructural, la membrana externa de las gramnegativas es importante por su función como

A) endotoxina.
B) puente para la conjugación.
C) productor de ATP.
D) vector de clonación.
E) estructura adhesiva.

Lumbreras Editores

Resolución

Todas las bacterias gramnegativas producen endotoxinas, incluso aquellas que producen otro tipo de toxinas. La membrana externa de dichas bacterias está formada por lipopolisacáridos, constituidos por el lípido A y una cadena polisacarídica. A esta molécula mixta se le conoce como endotoxina.



Pregunta 12

Los magnetosomas son partículas cristalinas intracelulares del mineral de hierro magnetita. Son importantes para la bacteria porque

A) almacenan gas.
B) orientan el desplazamiento.
C) protegen contra la fagocitosis.
D) codifican resistencia.
E) replican el ADN.

Resolución

Algunas bacterias son magnetotácticas, para lo cual contienen magnetosomas. Estos magnetosomas solo orientan la dirección del desplazamiento; no son susceptibles de ser arrastrados por el campo magnético, ya que si la bacteria está muerta no experimentan desplazamiento.

Pregunta 13

Cuando la modificación genética bacteriana ocurre con ADN procedente de un virus en lugar de proceder de una bacteria, el proceso se conoce como

A) conjugación.
B) fisión binaria.
C) traducción.
D) transfección.
E) transducción.

Resolución

La transfección es la infección de una célula bacteriana con ADN de procedencia viral. Este proceso da como resultado la producción de virus completos en el interior de la célula huésped. Para este proceso se requiere células bacterianas en un estado llamado de competencia que permita el ingreso de ADN exógeno al interior de las bacterias receptoras.

Pregunta 14

Las rickettsias son proteobacterias gramnegativas que causan diversas enfermedades. Otra característica importante de estas es que

A) son fotosintéticas.
B) carecen de pared celular.
C) son fijadoras de nitrógeno.
D) son arqueobacterias.
E) son parásitos intracelulares.

Resolución

Las *rickettsias* son bacilos o cocobacilos que en su mayoría son transmitidas a los seres humanos mediante la picadura de insectos o garrapatas, ingresan al interior de las células y causan enfermedades como fiebre manchada y tifus. Alteran la permeabilidad de los capilares sanguíneos y generan un exantema manchado característico.

Universitarios Editores

Preguntas propuestas

1. Las bacterias, a diferencia de los organismos de otros reinos, se caracterizan porque

A) están formadas por células.
B) poseen ribosomas.
C) carecen de citoplasma.
D) carecen de organelas membranosas.
E) son pluricelulares.

2. Las eubacterias realizan múltiples funciones en el ecosistema. En ellas se observan rasgos inherentes, como el hecho de ser

A) unicelulares-procarióticos.
B) pluricelulares-procarióticos.
C) unicelulares-eucarióticos.
D) pluricelulares-eucarióticos.
E) eucarióticos-heterótrofos.

3. La división celular en la mayoría de bacterias es acelerada y ocurre en pocos minutos. Este proceso recibe el nombre de

A) endomitosis.
B) meiosis reduccional.
C) fisión binaria.
D) mitosis astral.
E) meiosis I.

4. La membrana bacteriana presenta ..... a manera de repliegues o invaginaciones especiales, donde tienen lugar procesos como la producción de energía y la replicación de ADN.

A) flagelos
B) plásmidos
C) ribosomas
D) *pili*
E) mesosomas

5. Las estructuras compuestas de pilina que se presentan hacia el exterior de la célula bacteriana se denominan

A) fimbrias.
B) cápsulas.
C) mesosomas laterales.
D) endosporas.
E) flagelos.

6. ¿Cuál es el componente químico más abundante de la pared celular bacteriana

A) mureína
B) ácido teicoico
C) fosfolípido
D) celulosa
E) quitina

7. Las estructuras de resistencia que forman las eubacterias ante condiciones adversas reciben la denominación de

A) quistes.
B) endosporas.
C) hormogonios.
D) heterocistos.
E) nucleoides.

8. Los organismos grampositivos se observan microscópicamente de color azul o violeta. A nivel de su pared celular presentan

A) bicapa de fosfolípidos.
B) esteroides.
C) ácido teicoico.
D) mesosomas.
E) pseudomureína.

Lumbreras Editores

9. La ..... es el proceso de transferencia de genes en el que participan unos virus conocidos como bacteriófagos.

A) retrotranscripcion
B) transformación
C) transcripción
D) conjugación
E) transducción

10. El cese del crecimiento bacteriano por acumulación de toxinas o disminución de la cantidad de nutrientes sin la disminución de la población, corresponde gráficamente a la fase

A) Lag.
B) exponencial.
C) de muerte.
D) de adaptación.
E) estacionaria.

11. *Escherichia* y *Salmonella* son géneros relacionados con el sistema digestivo humano. De acuerdo a su forma son

A) grampositivos.
B) espiroquetas.
C) micoplasmas.
D) bacilos.
E) cocos gramnegativos.

12. El ADN extracromosómico con capacidad de duplicación independiente se llama plásmido y codifica aspectos importantes como

A) resistencia a los antibióticos.
B) formación de mureína.
C) síntesis de flagelos.
D) síntesis de histonas.
E) elaboración de carioteca.

13. Los corpúsculos metacromáticos o gránulos de volutina son formas de reserva que se caracterizan porque

A) están formados por glucógeno.
B) son polifosfatos.
C) contienen principalmente azufre.
D) son materiales proteicos.
E) contienen almidón.

14. Las bacterias que carecen de pared celular y presentan colesterol a nivel de sus membranas celulares son llamadas

A) micoplasmas.
B) grampositivas.
C) gramnegativas.
D) bacilos.
E) cocos.

15. Algunas bacterias pueden realizar el proceso de fotosíntesis utilizando como fuente de electrones moléculas distintas al agua. Dicho proceso se caracteriza por

A) ocurrir en heterótrofos.
B) tener lugar en las noches.
C) no liberar O_2.
D) oxigenar el medio.
E) ser principalmente catabólico.

16. La fijación de nitrógeno por microorganismos simbióticos del género ..... es favorecida por la producción de leg-hemoglobina.

A) *Streptococcus*
B) *Neisseria*
C) *Lactobacillus*
D) *Vibrio*
E) *Rhizobium*

Lumbreras Editores

Armando Isaac Martínez Ramos

Capítulo IV

Cianobacterias

Objetivos

- Conocer la estructura y ultraestructura de las cianobacterias.
- Comprender el papel productor de las cianobacterias y su actividad fertilizante de suelos.

Introducción

Las cianobacterias son organismos procariotas que se caracterizan por conjugar el proceso de la fotosíntesis oxigénica con una estructura celular típicamente bacteriana. Al ser responsables de la primera acumulación de oxígeno en la atmósfera, las cianobacterias han tenido una enorme relevancia en la evolución de nuestro planeta y de la vida en él. En la actualidad, presentan una amplia distribución ecológica, encontrándose en ambientes muy variados, tanto terrestres como en aguas continentales y marinas, e incluso en los ambientes más extremos, siendo la fotoautotrofia (fijación de CO_2 a través del ciclo de Calvin) su principal forma de vida, y contribuyendo de manera importante a la productividad primaria global de la Tierra.

Estos organismos cianóticos forman parte del reino bacteria, junto a las grampositivas y gramnegativas, constituyendo un grupo bastante homogéneo.

En estudios de relaciones filogenéticas, utilizando la técnica molecular del ARN 16 S, se ha observado una gran concordancia entre las cianoficeas procarióticas y los cloroplastos del alga eucariótica Lemna, lo que refuerza la teoría simbiótica de Lynn Margulis.

Las cianobacterias se diferencian de las eubacterias fotoautótrofas por presentar como pigmento fotosensible fundamental a la clorofila a en vez de la bacterioclorofita y por desarrollar una fotosíntesis oxigénica en vez de la anoxigénica.

Otro aspecto diferencial es el tamaño, los cianoficeos por término medio son de cinco a diez veces más grandes que las eubacterias.

Lumbreras Editores

1▸ Evolución

Los estromatolitos son fósiles de cianobacterias de hace aproximadamente 3,5 billones de años. Estos organismos fueron los primeros en proporcionar oxígeno a la Tierra, sin el cual la respiración heterótrofa jamás hubiera empezado. Según la teoría quimiosintética los primeros organismos en aparecer fueron las bacterias heterótrofas anaeróbicas, probablemente hace 3800 millones de años, y que poco a poco fueron consumiendo los compuestos orgánicos del medio por fermentación hasta agotarlos. Por selección natural algunas bacterias empezaron a formar sus propios compuestos orgánicos y liberar oxígeno al medio mediante la fotosíntesis. De esta manera, empezaron a surgir las primeras cianobacterias, posiblemente hace 3500 millones de años, según indican los registros de fósiles de estromatolitos hallados.

Una importante fuente de documentación sobre la historia de la vida en el precámbrico, ha sido el hallazgo de microfósiles en un afloramiento de rocas llamado Gunflint Iron, cerca del Lago Superior, en Ontaro, en el año 1954. Descubrimiento hecho por Stanley A. Tyler, de la Universidad de Wisconsin, y Elso S. Barghoorn, de la Universidad de Harvard, donde la mayor parte de los estromatolitos hallados se parecen a las cianobacterias y bacterias actuales. Para contrastar estos hallazgos se han encontrado en una laguna de Shark Bay, en la costa oeste de Australia, estromatolitos vivos formados por cianofitos y bacterias.

Se puede además establecer una interesante relación evolutiva entre las cianobacterias y las algas rojas, ya que ambas comparten pigmentos fotosensibles comunes como la clorofila a, β-caroteno, ficocianina y ficoeritrina.

2▸ Fijación de nitrógeno

También es relevante el hecho de que muchas cianobacterias sean capaces de fijar el nitrógeno atmosférico (de hecho, ciertas cianobacterias representan los mayores fijadores en amplias zonas oceánicas contribuyendo de forma importante a la cantidad total de nitrógeno fijado en vida libre). La existencia conjunta de la fotosíntesis y de la fijación de nitrógeno ha requerido el diseño de estrategias que hagan posible el funcionamiento de ambos procesos antagónicos desde el punto de vista de sus requerimientos ambientales. Entre tales estrategias se haya la separación en el tiempo o en el espacio de ambas funciones, lo cual permite el desarrollo normal de la célula en condiciones de bajos niveles de nitrógeno combinado.

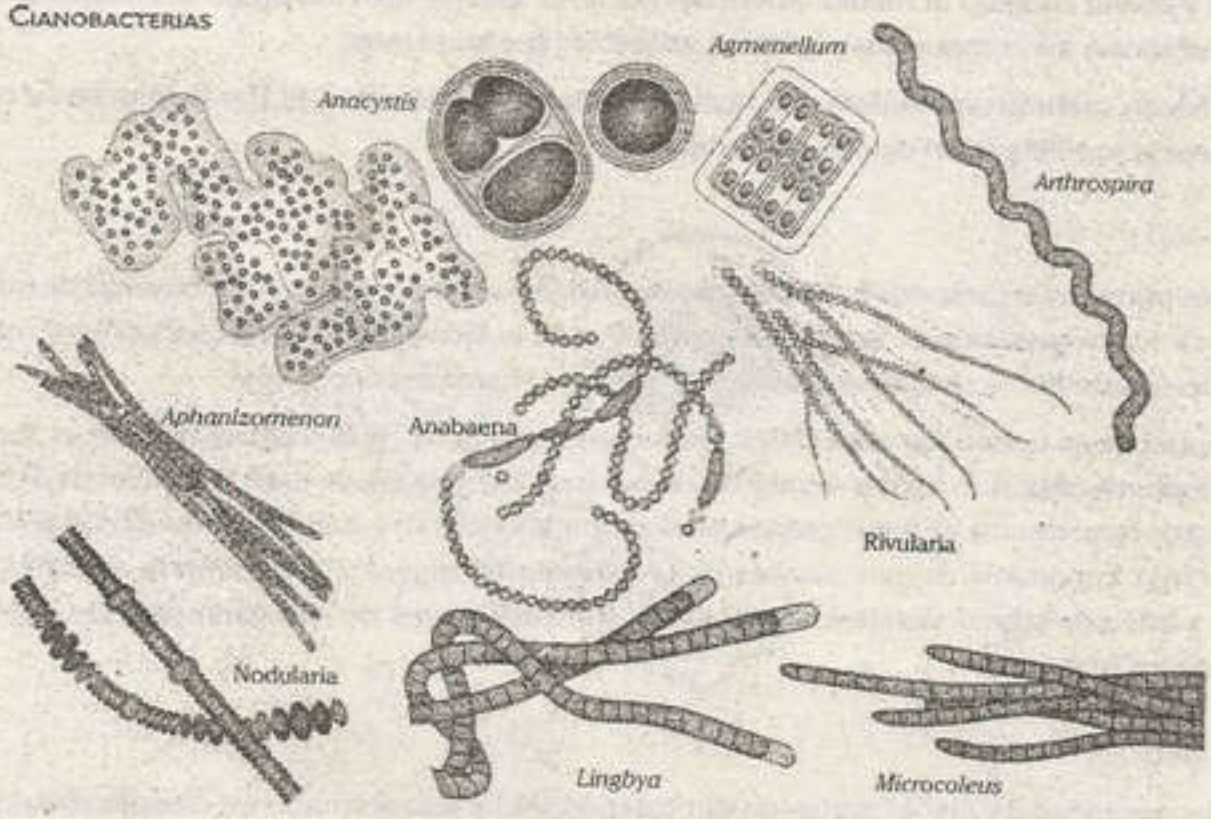
En este sentido, merece particular mención la capacidad de algunas estirpes filamentosas de desarrollar unas células enormemente especializadas en la fijación del nitrógeno, los heterocistos, en ambientes aeróbicos. Estas células se diferencian a partir de determinadas células vegetativas, situadas a espacios semirregulares a lo largo del filamento, mediante un proceso que provoca drásticos cambios, tanto estructurales como funcionales, encaminados a aumentar la eficacia del proceso de fijación y a la protección de este frente al oxígeno (tanto ambiental como el producido mediante la fotosíntesis oxigénica). Las bases moleculares del proceso de diferenciación de los heterocistos y el establecimiento del patrón de distribución de estos en el filamento cianobacteriano constituyen uno de los campos más activos en el estudio actual de las cianobacterias y, asimismo, representa un modelo simple de establecimiento de patrones espaciales de diferenciación, cuyo

estudio puede abordarse con la gran variedad de herramientas desarrolladas para el análisis genético-molecular de las cianobacterias, que incluyen la construcción de estirpes y la disponiblidad de la secuencia completa de los genomas de más de 30 de ellas, lo que está posibilitando un gran avance en el estudio de la filogenia y la evolución de este *filum* bacteriano.

twitter.com/calapenshko

3 Ubicación taxonómica

Las cianobacterias son también denominadas cianofitas o algas azul-verdosas. Junto con las bacterias grampositivas y gramnegativas pertenecen al reino bacteria, debido a que poseen células procarióticas, carente de núcleos definidos, de cloroplastos u otras estructuras celulares especializadas.



Algunos géneros de cianobacterias. *Lyngbya majuscula* es probablemente la especie marina más común. Los fósiles más antiguos que datan de hace 3,5 billones de años pertenecen a las cianobacterias.

Existe la posibilidad de establecer una interrelación filogenética entre las cianobacterias y las plantas, ya que comparten diversas características vegetativas como son la organización celular, el tipo de hábitat y sus formas de reproducción.

De acuerdo a la ultraestructura de la composición química de la pared celular, las bacterias gramnegativas son el grupo taxonómico más cercano a las cianobacterias, ya que su pared celular también presenta peptidoglicano y que, al lado de aminoácidos y ácidos grasos, contienen también polisacáridos. Estos organismos, además, se reproducen asexualmente por fisión binaria y tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico.

Entre los aspectos diferenciales podríamos indicar que algunas bacterias son capaces de formar endosporas, pero ninguna de ellas presentan heterocistos y acinetos; las bacterias presentan flagelos como órganos de locomoción, en cambio las cianobacterias utilizan el estuche mucilaginoso para movilizarse. Asimismo, los pigmentos fotosintéticos y la reserva de alimentos de ambos también son diferentes.

4.1 IMPORTANCIA ECOLÓGICA

Son importantes en el medio por ser productores fotosintéticos siendo capaces de elaborar materia orgánica y liberar oxígeno al medio. Además, muchas especies fijan nitrógeno al incorporar este gas atmosférico a los compuestos orgánicos utilizables por las plantas.

Algunas hacen simbiosis mutualista con hongos formando los líquenes. El Mar Rojo debe su color a la presencia y proliferación de cianofitas rojas.

4.2 EVOLUTIVA

Fueron los primeros organismos fotosintetizadores oxigénicos y, por tanto, contribuyeron de manera decisiva a la oxigenación de la atmósfera primitiva de la Tierra. Sintetizaron por primera vez los pigmentos fotosintéticos como las clorofilas a, b y otros pigmentos accesorios.

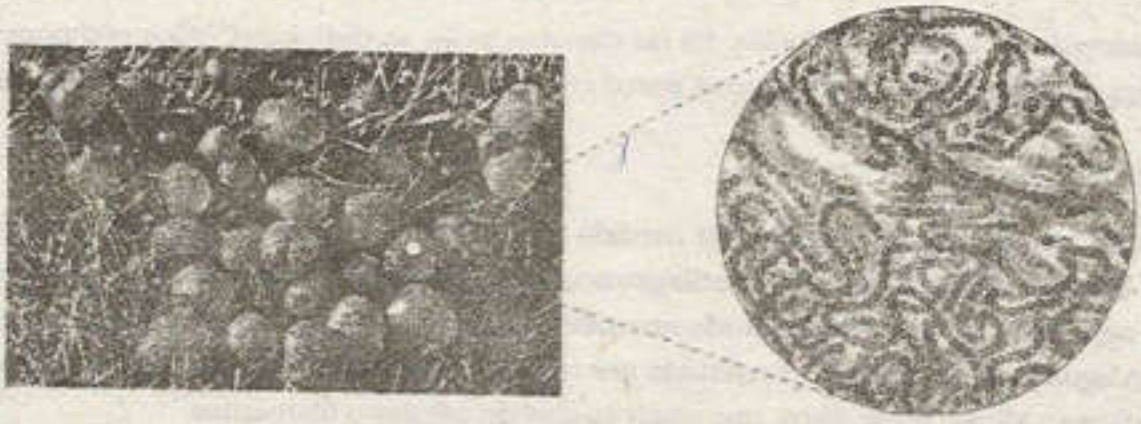
Las cianobacterias fueron los principales productores primarios de la biosfera durante al menos 1500 millones de años, y lo siguen siendo en los océanos, aunque desde hace 300 millones de años han cobrado importancia distintos grupos de algas eucarióticas (las diatomeas, los dinoflagelados, etc.). Lo más importante es que a través de la fotosíntesis oxigénica inundaron la atmósfera de oxígeno y además siguen siendo los principales suministradores de nitrógeno para las cadenas tróficas de los mares.

4.3 AGRÍCOLA

Tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico (N_2) y transformarlo en amonio (NH_4) para su asimilación por plantas y la transformación de compuestos orgánicos nitrogenados como los aminoácidos, entre otros, mejorando su crecimiento y desarrollo.

4.4 ALIMENTICIA

Diversas especies de *Nostoc* (*N. commune*, *N. sphaericum* y *N. pruniforme*) se utilizan en la alimentación de forma directa, principalmente en diversas localidades altoandinas de nuestro país, bajo el nombre popular o vernacular de "cushuro", "murmunta" "llullucsha", algo similar ocurre en Ecuador y Bolivia. Especies como *Spirulina platensis* y *Spirulina maxima* se cultivan comercialmente para obtener suplementos nutricionales por su alto contenido en proteínas, vitamina B, aceites esenciales insaturados y β-caroteno. La *Spirulina platensis* se utiliza al estado natural por los nativos que viven próximos al lago Chad en el África.



Nostoc sp. "cushuro". Cianofita de uso alimenticio

4. TOXICIDAD AMBIENTAL

Muchas especies producen toxinas que pueden afectar al zooplancton, peces y animales terrestres que beban las aguas contaminadas incluyendo el hombre. Algunos casos de intoxicaciones se asocian al crecimiento de grandes poblaciones de determinadas especies de cianobacterias que liberan al medio toxinas causando problemas ecológicos, económicos y sanitarios.

5. CARACTERÍSTICAS

- Son organismos procariotas, es decir, células sin envoltura nuclear, con organización simple, carentes de organelas membranosas, pero membranas internas llamadas tilacoides y cromatóforos.
- Son de nutrición autótrofa, fundamentalmente; realizan fotosíntesis oxigénica porque usan agua como fuente de hidrógeno para la síntesis de compuestos orgánicos, liberando oxígeno hacia la atmósfera.
- Su coloración azul-verdosa se debe principalmente por la presencia de pigmentos como la clorofila a (verde), c-ficocianina (azul), c-ficoeritrina (rojo), β-caroteno y diversas xantofilas.
- Las cianobacterias más comunes son unicelulares cocoides esferoidales, a veces forma cenobios o agregados filamentosos o globulares, encontrándose generalmente rodeadas por una cápsula mucilaginosa.
- Son organismos cosmopolitas, es decir, de amplia distribución. Habitan principalmente en ambientes húmedos como agua dulce, salobre o marina; también se les ha encontrado en ambientes terrestres húmedos o áridos. Hay especies extremófilas como aquellas que viven en los "geisers" del Parque Nacional de Yellowstone, a una temperatura de 75 °C o las que viven en el Ártico o Antártico a menos de 0 °C.
- Puede alcanzar el tamaño de una célula bacteriana típica (0,5-1 micra) hasta células que alcanzan 60 micras de diámetro (especie *Oscillatoria*).

6. ESTRUCTURA

Pueden ser unicelulares o formar colonias. En las cianobacterias se distinguen varios componentes entre los cuales se hallan: vaina mucilaginosa, pared celular, membrana citoplasmática y citoplasma.

6.1. VAINA MUCILAGINOSA

Todas las cianobacterias en mayor o menor medida producen una vaina mucilaginosa extensa y concéntrica, llamada también estuche mucilaginoso, a menudo muy espeso, de estructura variable, a veces coloreado por pigmentos pardo amarillento, rojizo o marrón oscuro, capaz de gelificarse, rico en agua y muchas veces constituido por mucopolisacáridos y diversos azúcares como galactosa, glucosa y xilosa, entre otros, que unen grupos de células o filamentos.

6.2. PARED CELULAR

Está ubicada entre la membrana plasmática y el escuche mucilaginoso. Se parece a la pared de las bacterias gramnegativas, pudiendo detectarse en ellas peptidoglucano dispuesto en cuatro capas superpuestas mezclado con aminoazúcares y lipopolisacáridos. La pared se caracteriza también por presentar plasmodesmos que comunican el citoplasma con las células vecinas, presentan asimismo numerosos poros por donde sale el mucus que forma la vaina.

6.3. MEMBRANA CITOPLASMÁTICA

Es el límite exterior del citoplasma cianofíceo, de naturaleza lipoproteica y como toda membrana se encarga de la permeabilidad selectiva. Se caracteriza por la presencia de ácidos grasos, con dos o más enlaces dobles en la cadena hidrocarbonada que es un carácter diferencial al de los demás procariotas que poseen ácidos grasos saturados.

Capa profunda, interna, delgada, adherida directamente al citoplasma, también llamada membrana plasmática o plasmalema. Desarrollan unas invaginaciones llamadas tilacoides o laminillas fotosintéticas, parecidas a los mesosomas de las bacterias, probablemente con estas estructuras pueden mantener contacto con las otras células de la colonia.

6.4. CITOPLASMA

Separado en el cromatoplasma que es periférico y pigmentado, y el centroplasma que es central, granuloso e incoloro.

6.4.1. Cromatoplasma

Es la región fotosintética y periférica del citoplasma. Presenta los tilacoides o laminillas fotosintéticas, en las cuales residen los fotosistemas que conforman el aparato molecular de la fotosíntesis. Los tilacoides se disponen en capas concéntricas o casi regulares formando un sistema de láminas interconectadas.

Entre los principales pigmentos fotosensibles destacan:

- La clorofila a
- La clorofila c, llamada también cloroficina, por ser producto de la degradación de la clorofila a.

- Carotenoides, entre los que se hallan el β-caroteno (pigmento de color anaranjado), myxorhodina (phycoxantina), la xantofila (pigmento de color amarillo), entre otros.
- Ficobilinas. Los pigmentos ficobilínicos poseen cadenas tetrapirrólicas asociadas a proteínas formando ficobiliproteínas. Entre las ficobilinas más importantes se hallan las ficocianinas (pigmentos de color azul), y la ficoeritrina (pigmento de color rojo).

Fotomicrografía de una bacteria colonial, donde se señala la ubicación de las membranas tilacoidales.

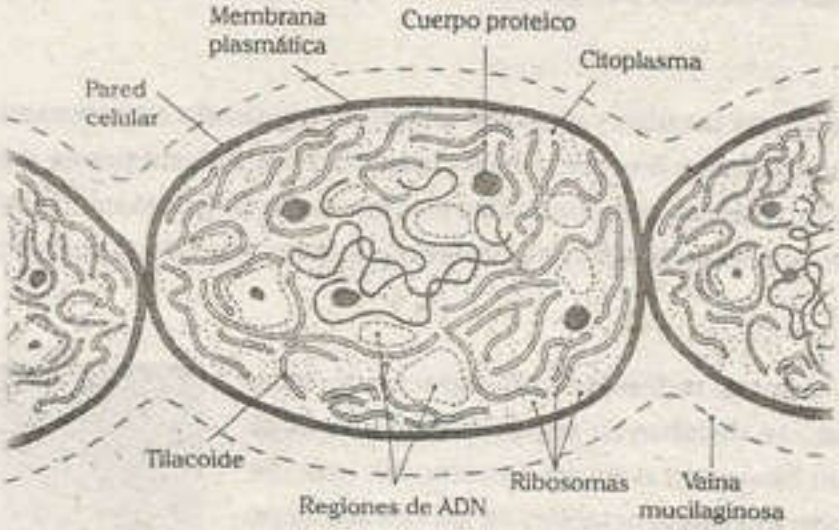


Gráfico que muestra las estructuras internas de una de las células de una cianobacteria colonial.

5.4.2. Centroplasma

Corresponde a la región central e incolora de la cianobacteria. Contiene el ADN o material nuclear no organizado en un núcleo verdadero, puede aparecer en forma de pequeños gránulos o filamentos, en su conjunto pueden designarse con el nombre de aparato cromatínico y representan el equivalente del núcleo. Allí encontramos a las inclusiones citoplasmáticas entre las cuales destacan:

- **Gránulos de almidón cianoficeo.** Glúcido de reserva producto de la fotosíntesis, disperso en partículas pequeñas, es parecido al almidón de florídeas de las algas rojas.
- **Gránulos de cianoficina.** Son cuerpos de lipoproteínas, se piensa que intervienen en la génesis de la ficocianina, su número se incrementa cuando el medio carece de fosfatos.
- **Gránulos de volutina o polifosfatos.** Almacén de polifosfatos, al igual que las bacterias.
- **Aerosomas o vacuolas de gas.** Son muy corrientes en las cianobacterias planctónicas que contienen nitrógeno, tienen papel hidrostático, es decir, sirven como flotadores y se desarrollan cuando se hallan en condiciones anaerobias. La función de permitir la flotación del organismo es para que puedan permanecer en la zona de máxima iluminación.
- **Carboxisomas.** Son cuerpos poliédricos, cristalinos, con enzimas involucradas en la fijación de CO_2, como la ribulosa carboxilasa.
- **Ficobilisomas.** Gránulos que parecen contener los pigmentos ficobilínicos, están unidos a los tilacoides.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

7▸ VARIACIONES ESTRUCTURALES

Entre las células de un filamento existe diferente grado de especialización de funciones, así tenemos:

7.1. ESPORAS

Son estructuras de resistencia, pueden ser internas (endosporas) o externas (exosporas), estas últimas se forman por gemación del extremo libre. Entre las endosporas, destacan:

7.1.1. Aquinetos o akinetas

Son esporas ovoides y grandes. La pared engrosada es generalmente pigmentada de marrón o pardo amarillenta y a veces ornamentada. Su protoplasto posee gran cantidad de gránulos de cianoficina. En algunas cianobacterias son únicos (terminales o basales) y en otras intercaladas. Soportan la desecación y pueden mantenerese viables por largos periodos.

7.1.2. Heterocistes

Son esporas redondas con aspecto de estar vacías, se distribuyen regularmente a lo largo de un filamento o en un extremo de este. Se forman por diferenciación de las células vegetativas y son los únicos lugares que contienen la maquinaria de fijación del nitrógeno, la cual es incompatible con la maquinaria fotosintética. Los heterocistes tienen conexiones con las células vecinas con las que intercambian materiales.

Anabaena sp.

Algunos heterocistes están relacionados con la germinación, otros poseen función mecánica, como contribuir con la formación de nuevos tricomas y, en algunos casos, se afirma que pueden estimular al desarrollo y diferenciación de los aquinetos.

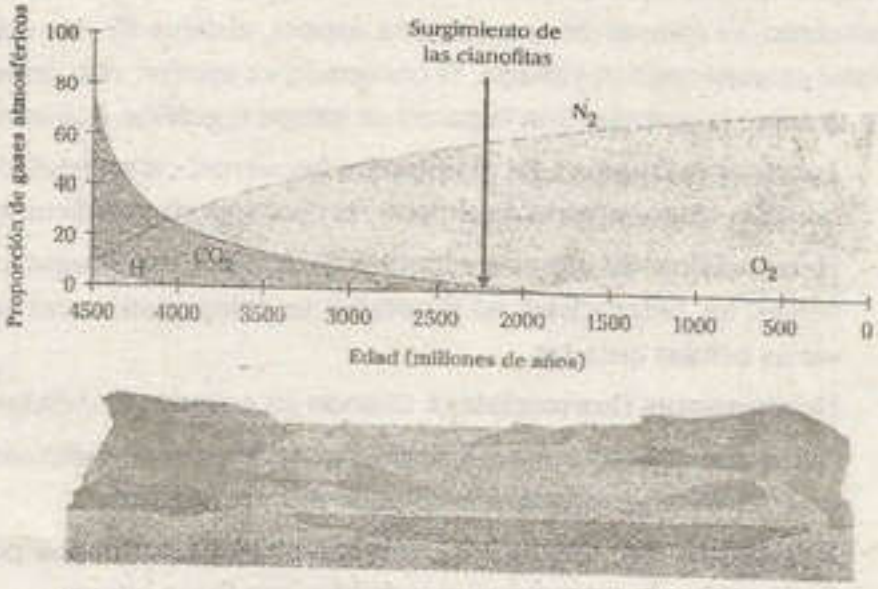
8▸ NUTRICIÓN

8.1. FOTOSÍNTESIS

En general, las cianobacterias son organismos fotosintetizadores, es decir, autótrofos; pero algunas veces viven heterotróficamente, como descomponedoras, o con un metabolismo mixto.

Las cianobacterias desarrollaron una variante de la fotosíntesis que ha llegado a ser la predominante, y que ha conformado la evolución de la biosfera terrestre, se trata de la fotosíntesis oxigénica. La fotosíntesis necesita un reductor (una fuente de electrones), que en este caso es el agua (H_2O). Al tomar el hidrógeno del agua se libera el oxígeno. La explosión evolutiva y ecológica de las cianobacterias, hace miles de millones de años, dio lugar a la invasión de la atmósfera por este gas, que ahora la caracteriza, sentando las bases para la aparición del metabolismo aerobio y la radiación de los organismos eucariontes.

EVOLUCIÓN DE LA ATMÓSFERA



El surgimiento de la fotosíntesis oxigénica con las cianofitas tuvo un rol importante en la trasformación de la atmosfera reductora primitiva en la atmósfera oxidante actual. Los estromatolitos son fósiles de colonias ancestrales de cianofitas acumuladas a lo largo de millones de años.

8.2. FIJACIÓN DE NITRÓGENO

Las cianobacterias comparten con algunas otras bacterias la capacidad de usar nitrógeno atmosférico, gas más abundante, y reducirlo a amonio (NH_4), una forma que todas las células pueden aprovechar. Los autótrofos que no pueden fijar el nitrógeno atmosférico (N_2), tienen que tomar el nitrato (NO_3), que es una sustancia escasa. Esto les ocurre por ejemplo a las plantas. Algunas cianobacterias son simbiontes de plantas acuáticas, como en los helechos del género *Azolla*, a las que suministran oxígeno. Dada su abundancia en distintos ambientes, las cianobacterias son importantes para la circulación de nutrientes, incorporando nitrógeno a la cadena alimentaria, en la que participan como productores primarios o como descomponedores.

9. REPRODUCCIÓN

Solo se conoce en ellas la reproducción asexual, y se puede llevar a cabo de tres formas: por bipartición, fragmentación o esporulación.

9.1. POR BIPARTICIÓN O DIVISIÓN BINARIA EN ORGANISMOS UNICELULARES

Es la forma más simple de reproducción. El crecimiento celular y la replicación del ADN es seguida por el tabicamiento y separación de dos individuos genéticamente idénticos; los cuales pueden ser independientes o formar colonias.

9.2. POR FRAGMENTACIÓN O DIVISIÓN DE FILAMENTOS (TRICOMAS, FILAMENTOS SIN VAINA)

Se da a partir de células especializadas o modificadas. Los fragmentos liberados son los hormogonios, que regeneran al individuo completo. La formación de hormogonios es la forma más común de reproducirse que poseen las cianobacterias filamentosas. Los hormogonios son fragmentos del tricoma, que luego incrementan el número de sus células por simple fisión binaria.

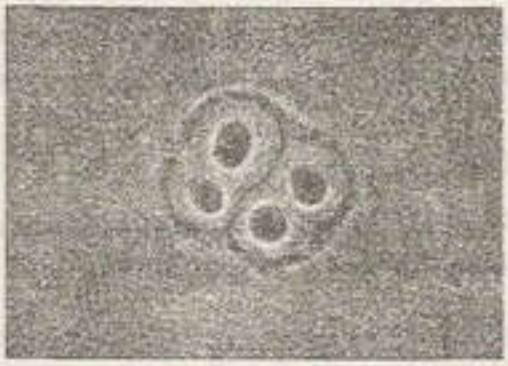
la reproducción se da por elementos de resistencia o esporas. Estas son células que modifican su contenido, se rodean de una cubierta espesa, aislante de dos capas, donde la externa puede presentar ornamentación variada. El contenido es espeso, rico en reservas y desprovisto de pigmentos, durante la germinación la pared se rompe o gelifica. Hay varios tipos de esporas:

- **Acinetos (akinetos).** Es el tipo más frecuente, característico de los organismos filamentosos, como la cianobacteria *Anabaena*, la cual soporta condiciones desfavorables.
- **Heterocistos.** En algunas especies de *Anabaena* y *Nostoc*, bajo condiciones ambientales adversas, los heterocistes no mueren y se comportan como órganos de reproducción y liberan varias células aisladas.
- **Hormosporas (hormocistes).** Cuando un conjunto de células o un hormogonio se enquista.
- **Nanosporas (nanocistes).** Endosporas de pequeña dimensión resultantes de la división de una célula madre sin aumento posterior del tamaño.
- **Exosporas.** Son producidas continuamente y formados por generación del extremo libre. Cada exospora regenerará el individuo por fisión binaria.

En las cianobacterias se distinguen dos formas: las no filamentosas y las filamentosas.

Comprende a los cocoides solitarios o unicelulares como *Synechocystis* y a las formas coloniales como *Chrococcus* y *Gleocapsia*. Las células son esféricas, ovoides o bacilares. Las colonias pueden ser microscópicas y en algunos casos macroscópicas.

Chrococcus



Gleocapsa

Entre estas se distinguen los tricomas y los filamentos. El tricoma está formado por una hilera de células dispuestas una detrás de otra producto de la división continua y en un solo plano. El filamento está constituido por uno o varios tricomas encerrados en un estuche mucilaginoso. Entre las especies de cianobacterias que desarrollan tricomas se hallan la *Oscillatoria* y *Spirulina*, mientras que en los géneros que desarrollan filamentos tenemos al *Nostoc* y *Lyngbya*.

Oscillatoria

Anabaena

Nostoc

Spirulina

11▸ Grupos de cianobacterias

Se conocen formas unicelulares y filamentosas con muchas variaciones. El manual Bergey divide a las cianobacterias en cinco grupos.

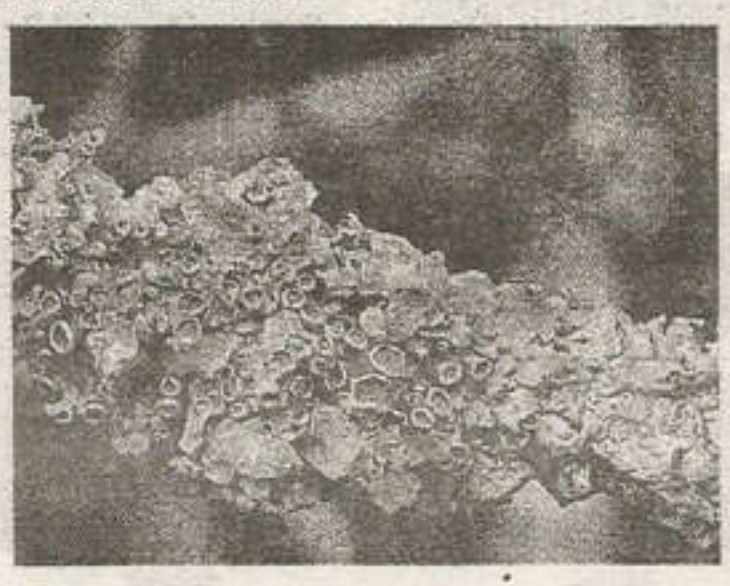
Grupo	Formas	Géneros
Grupo I	Unicelulares	*Gloeothece, Gloeobacter*
Grupo II	Pleurocapsaleanos	*Dermocarpa, Pleurocapsa*
Grupo III	Oscilatorias	*Oscillatoria, Spirulina*
Grupo IV	Nostocaleanos	*Nostoc, Anabaena, Nodularia*
Grupo V	Ramificadas	*Stigonema, Fischerella*

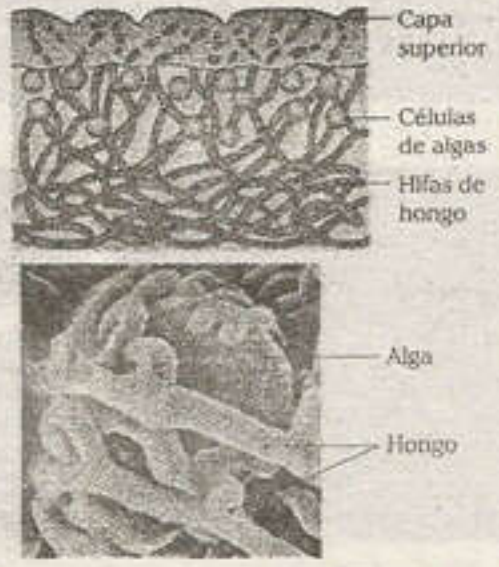
Según este cuadro, se clasifican a las cianobacterias en cinco grupos, pero según el libro *Introducción a las Algas* de César Acleto, las agrupa en los siguientes cinco órdenes: *Chroococcales*, *Chamaesiphonales*, *Pleurocapsales*, *Nostocales* (*Oscillatoriales*) y *Stigonematales*.

12▸ Relaciones con otras especies

- Algunas son parásitas en el tubo digestivo de los herbívoros (cobayos) y en batracios anuros.
- Otras son heterótrofas pero poseen clorofila y viven en simbiosis, tal es el caso de su asociación con hongos para formar líquenes. Entre estos tenemos:
  - *Cora pavonia*: basidiomiceto (*Stereum*) + *Chroococcus*
  - *Collema, Peltigera, Physma, Loborina*: ascomiceto + *Gloeocapsa*
  - *Ephebe*: Ascomiceto + *Stigonema*
  - *Synalissa*: Ascomiceto + *Rivularia*

Estructura de un liquen





- También puede asociarse con otros organismos tales como:
  - **Briófitos**, *Nostoc* en cámaras aeríferas de hepáticas (*Pellia, Blasia*) y *Anthoceros*.
  - **Pteridófitos**, *Azolla filiculoides* con *Anabaena azollae*, que viven en criptas dentro de la hoja.
  - **Gimnospermas**, (Cicadáceas), *Anabaena* en las raíces de *Cycas*.
  - **Angiospermas**, *Nostoc* vegetando en pozos del tronco de *Gunnera* (*Haloragaceae*).
  - **Metazoos**, esponjas marinas, pelos de perezosos con *Cyanoderma* (*Chamaesiphonales*).

13 ▸ Toxicidad

Algunas cianobacterias producen toxinas y pueden envenenar a los animales que habitan el mismo ambiente o beben el agua. Se trata de una gran variedad de géneros y especies, algunas producen toxinas muy específicas y otras un espectro más o menos amplio de tóxicos. El fenómeno se hace importante solo cuando hay una floración (una explosión demográfica), lo que ocurre a veces en aguas dulces o salobres, si las condiciones de temperatura son favorables y abundan los nutrientes, sobre todo el fósforo (eutroficación de las aguas). Los géneros más frecuentemente implicados en floraciones son *Microcystis*, *Anabaena* y *Aphanizomenon*. Los mecanismos fisiológicos de la intoxicación son variados, con venenos tanto citotóxicos (atacantes de las células), como hepatóxicos (atacantes del hígado) o neurotóxicos (atacantes del sistema nervioso).

- "Curso de microbiología general de Enrique Iáñez". En: *Hipertextos del área de Biología*, <http://www.biologia.edu.ar/microgeneral/micro-ianez/02_micro.htm> (1998).
- ACLETO O., César y Reina ZÚÑIGA A. *Introducción a las algas*. Lima: Editorial Escuela Nueva, 1998.
- CAMPBELL, Neil A. y Jane B. REECE. *Biología*. Sétima Edición Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2007.
- SOLOMON, E.P.; VILLEE, C.A. y P.W. DAVIS. *Biología*. Primera edición. México D. F.: Nueva Editorial Interamericana, 1987.

Detección de cianobacterias y sus toxinas

Varias especies de bacterias en ambientes acuáticos pueden producir potentes toxinas; sin embargo, dentro de la misma especie pueden existir cepas productoras y no productoras. En muchos casos, las toxinas son metabolitos secundarios en la formación de los fotopigmentos, que se acumulan en el citoplasma en determinadas situaciones. La producción de estas endotoxinas es máxima cuando las condiciones de crecimiento son óptimas, por este motivo, se observa una producción directamente proporcional al aumento de la biomasa. Cuando las condiciones ambientales son desfavorables, las cianobacterias mueren, produciéndose la lisis celular y la liberación de las toxinas al medio. Las toxinas de las cianobacterias se suelen agrupar principalmente en neurotoxinas y hepatoxinas. Las neurotoxinas son producidas principalmente por especies y cepas de los géneros *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Trichodesmium* y *Cylindrospermopsis*. La acción de las neurotoxinas es rápida, causan la muerte por parada respiratoria a los pocos minutos de la exposición. La mayoría han sido identificadas como alcaloides o compuestos organofosforados neurotóxicos.

Las hepatoxinas ocasionan el tipo más común de intoxicación relacionado con las cianobacterias. De acción más lenta, causan la muerte en horas o a los pocos días.

Estas hepatoxinas son péptidos, y fueron caracterizadas como heptapéptidos cíclicos (microcistinas), y como pentapéptidos (nodularinas). Las especies identificadas como productoras están incluidas en los géneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Oscillatoria*, *Nostoc* y *Cylindrospermopis*.

Tipos, origen y propiedades de las toxinas de cianobacterias

Neurotoxinas	Hepatoxinas	Géneros productores	Estructura molecular
Anatoxina - a	-	*Anabaena, Microcystis, Oscillatoria, Phormidium, Aphanizomenon*	Alcaloide amina secundaria
Homoanatoxina	-	*Phormidium*	Amina secundaria alcaloide
-	Nodularina	*Nodularia*	Pentapétido cíclico
-	Microcistinas	*Microcystis, Anabaena, Nostoc, Oscillatoria*	Heptapeptido cíclico

ROSET, J., AGUAYO, S y M.I. MUÑOZ. *Revista de toxicología*. Asociación española de toxicología. Pamplona: 2001.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Las cianobacterias son sin duda una de las primeras formas que desarrollaron una fotosíntesis oxigénica, para realizar este proceso presentan unas estructuras denominadas

A) cloroplastos.
B) laminillas.
C) tilacoides.
D) crestas.
E) estroma.

Resolución

La fotosíntesis es sin duda el proceso más importante en los ecosistemas, se realiza principalmente en algas y plantas, solo en el caso de las cianofitas o algas verdes azules, este proceso se desarrolla a nivel de las laminillas, que son modificaciones de la membrana y además contiene a la clorofila.

Clave B

Pregunta 2

A los fósiles de cianobacterias de mayor antigüedad se les conoce con el nombre de

A) estalactitas.
B) estalagmitas.
C) estromatolitos.
D) trilobites.
E) amonites.

Resolución

Los fósiles bacterianos más antiguos que se han encontrado pertenecen a un grupo de cianobacterias de posiblemente 3500 millones de años de antigüedad, en Australia.

Clave C

Pregunta 3

Las cianofitas son más cercanas filogenéticamente a

A) las arqueobacterias.
B) las eubacterias.
C) los protozoarios.
D) las algas unicelulares.
E) las plantas superiores.

Resolución

Las cianofitas o cianobacterias poseen mayor número de homologías con las eubacterias, principalmente por ser procariontes, poseer una pared celular de péptido glucano, carecer de organelas membranosas, aunque la fotosíntesis que realice sea más semejante al de las algas y plantas.

Clave B

Pregunta 4

Indique la veracidad (V) o falsedad (F) de las siguientes premisas.

I. Las cianobacterias poseen una pared celular tipo gramnegativa.
II. La vaina mucilaginosa está constituida por mucopolisacáridos.
III. Algunas cianobacterias carecen de la vaina mucilaginosa.
IV. Poseen un cromatoplasma periférico.

A) VVVV
B) FVVV
C) VFVV
D) VVFV
E) VVFF

Lumbreras Editores

Resolución

La pared celular de las cianobacterias posee peptidoglucano mezclado con aminoazúcares y lipopolisacáridos, semejante al de una bacteria gramnegativa. Su vaina mucilaginosa posee mucopolisacáridos y diversos azúcares como galactosa, glucosa, xilosa, entre otros azúcares, y las cianobacterias que desarrollan tricoma carecen de esta estructura. En su citoplasma el cromatoplasma es periférico y el centroplasma central.

Clave A

Pregunta 5

Relacione correctamente.

I. Acinetos
II. Heterocistes
III. Tricomas
IV. Hormogonios

a. hileras de células
b. fragmentos del tricoma
c. fijan nitrógeno
d. almacenan la cianoficina

A) Id, IIc, IIIb, IVa
B) Ic, IId, IIIa, IVb
C) Id, IIc, IIIa, IVb
D) Id, IIa, IIIc, IVb
E) Ib, IIc, IIIa, IVd

Resolución

Los acinetos son esporas que almacenan gránulos de cianoficina; los heterocistes son esporas donde se fija el nitrógeno atmosférico; los tricomas son hileras de células; y los hormogonios son fragmentos del tricoma cuando una cianobacteria filamentosa se reproduce.

Clave C

Pregunta 6

Los acinetos son estructuras de resistencia que se forman cuando las condiciones ambientales no son favorables, estas estructuras son muy características en:

A) *Bacillus* B) *Clostridium*
C) *Thermoplasma*
D) *Anabaena* E) *Escherichia*

Resolución

Los acinetos son estructuras de resistencia frente a condiciones no favorables del medio, se presentan en algunas cianobacterias, como por ejemplo *Anabaena*.

Clave D

Pregunta 7

Las cianobacterias pueden ser fuente de carbono porque almacenan

A) glucógeno. B) celulosa.
C) almidón.
D) cianoficina. E) albúmina.

Resolución

Las cianofitas almacenan como fuente de energía el almidón, y en el caso que este polisacárido entre a la cadena alimenticia, constituye una fuente principal de carbono a los consumidores primarios.

Clave C

Pregunta 8

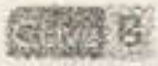
La estructura de la cianobacteria, homóloga al estroma del cloroplasto, corresponde al

A) plasmalema. B) citoplasma.
C) fotosistema.
D) mitosol. E) mesosoma.

Lumbreras Editores

Resolución

Las células autótrofas procariontes como las cianobacterias carecen de membranas internas, por lo tanto, sus reacciones metabólicas son realizadas en el citoplasma, en donde contiene a todo el conjunto de enzimas del ciclo de Calvin-Benson.



Pregunta 9

La coloración roja y azul de las cianobacterias corresponde a los pigmentos ..... y ..... respectivamente.

A) antoeritrina - antocianina
B) licopeno - violaxantina
C) antoeritrina - ficocianina
D) ficoeritrina - antocianina
E) ficoeritrina - ficocianina

Resolución

Las cianobacterias poseen distinta coloración debido a la variada gama de pigmentos que poseen, pero la coloración roja o azul se la deben a los pigmentos ficoeritrina y ficocianina, respectivamente.

Pregunta 10

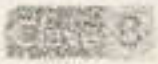
Señale la premisa correcta.

I. La fotosíntesis que realizan las cianobacterias es similar a la que realizan las bacterias fotosintéticas.
II. Las cianobacterias realizan la fotosíntesis y la fijación de nitrógeno al mismo tiempo.
III. La pared celular de las cianobacterias carece de péptido glucano.
IV. Las cianobacterias carecen de flagelos, ellas se desplazan utilizando su estuche mucilaginoso.

A) I y II son verdaderas.
B) Solo IV es verdadera.
C) III y IV son verdaderas.
D) I, II y III son verdaderas.
E) I y IV son verdaderas.

Resolución

Las cianobacterias realizan una fotosíntesis similar al de las plantas y no al de las bacterias fotosintéticas, porque estas últimas realizan una fotosíntesis anoxigénica. La fotosíntesis es incompatible con la fijación de nitrógeno, es por eso que se debe realizar en diferente momento. La pared celular al igual que la gran mayoría de las bacterias poseen péptido glucano, carecen de flagelo y se desplazan utilizando la vaina o estuche mucilaginoso.



Pregunta 11

Las plantas de las familias de las leguminosas como el frijol desarrollan en sus raíces nódulos, los cuales son habitados por bacterias que fijan el nitrógeno. Estas bacterias pertenecen al género

A) *Azotobacter.* B) *Rhizobium.*
C) *Clostridium.*
D) *Mycobacterium.* E) *Streptococcus.*

Resolución

Algunas bacterias y cianobacterias tienen la capacidad de fijar y utilizar el nitrógeno atmosférico, algunas viven libres, es decir, no son simbiontes como *Azotobacter* y *Clostridium*. El género *Rhizobium* se asocia a la raíz de las leguminosas formando nódulos en los cuales atrapa el nitrógeno, convirtiéndolo en nitratos que serán aprovechados por las plantas para formar sus aminoácidos y luego sus propias proteínas.

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Los primeros organismos que se formaron en la Tierra primitiva se caracterizaban por ser

A) procariotas heterótrofos aerobios.
B) procariotas autótrofos fotosintéticos.
C) eucariotas heterótrofos aerobios.
D) eucariotas autótrofos fotosintéticos.
E) procariotas heterótrofos anaerobios.

2. En la evolución de la atmósfera primitiva, la capa de ozono localizada en la estratósfera se formó como consecuencia de la actividad fotosintética inicial de

A) cianobacterias.
B) musgos.
C) helechos.
D) angiospermas.
E) gimnospermas.

3. El pigmento que no comparten las cianobacterias y las algas rojas es

A) la ficocianina.
B) la ficoeritrina.
C) el β-caroteno.
D) la fucoxantina.
E) la clorofila a.

4. Las estructuras cianofíceas, análogas a los tilacoides de los cloroplastos corresponden a

A) el plasmalema.
B) el centrotoplasma.
C) la laminilla fotosintética.
D) el estroma.
E) el mesosoma.

5. Característica de las cianobacterias que no participa directamente en la capacidad de actuar como pionero en la formación de ecosistemas.

A) Nutricionalmente autosuficientes
B) Alta resistencia a la deshidratación
C) Acumulación de reservas
D) Naturaleza procariótica
E) Formación de quistes

6. Las cianobacterias pueden ser fuente de aminoácidos en la alimentación porque almacenan

A) glucógeno.
B) celulosa.
C) almidón.
D) cianoficina.
E) albúminas.

7. Las células especializadas donde las cianobacterias filamentosas almacenan la cianoficina se llama

A) aquineto.
B) tricoma.
C) hormogonio.
D) heterociste.
E) hormocistos.

8. Según Carl Woese y utilizando la técnicas de biología molecular del ARNr 16 S, filogenéticamente las cianobacterias se ubican en el reino

A) plantae.
B) bacteria.
C) archae.
D) arqueobacteria.
E) monera.

Lumbreras Editores

9. En numerosas comunidades altoandinas del Perú se utilizan a las cianobacterias del género ..... como fuente de alimentación.

A) *Anabaena*
B) *Nostoc*
C) *Spirulina*
D) *Scytonema*
E) *Oscillatoria*

10. El órgano de locomoción de las bacterias es ..... mientras que la cubierta externa en cianobacterias es .....

A) el flagelo - el pseudópodo.
B) el flagelo - el cilio.
C) el cilio - la vaina mucilaginosa.
D) el flagelo - la vaina mucilaginosa.
E) el estuche mucilaginoso - la vaina mucilaginosa.

11. Las células de una cianobacteria colonial filamentosa se comunican entre sí mediante

A) los poros.
B) las punteaduras.
C) los plasmodesmos.
D) los desmosomas.
E) las placas cribosas.

12. Los gránulos de polifosfatos presentes en el centroplasma de las cianobacterias reciben el nombre de

A) carboxisomas.
B) ficobilosomas.
C) cianoficina.
D) volutina.
E) almidón cianoficeo.

Lumbreras Editores

CAPÍTULO V

ARQUEOBACTERIAS

Objetivos

- Comprender la posición actual de los integrantes de este dominio en el árbol de la vida.
- Identificar las características de los organismos de este dominio.
- Diferenciar el modelo organizativo de los procariontes bacterias y arqueobacterias.
- Identificar los usos en biotecnología e industria.

Introducción

Hasta finales de la década de los setenta, el mayor nivel taxonómico era el de reino y los seres vivos se clasificaban en cinco reinos denominados moneras, protistas, hongos, plantas y animales. Sin embargo, en 1977, el microbiólogo estadounidense Carl Woese propone dividir a los moneras en arqueobacterias y eubacterias, al poner de manifiesto que el grupo de organismos conocidos como arquebacterias, que hasta entonces se habían clasificado junto con las bacterias, tenían características fisiológicas y genéticas únicas.

La composición lipídica de las membranas de las arquebacterias difiere de las que poseen las células eucariotas y las eubacterias, y la composición de sus paredes celulares es distinta a la de las bacterias, porque carecen de peptidoglucano. Además, la secuenciación del genoma de una arquebacteria puso de manifiesto las enormes diferencias que existen entre ellas y las bacterias, y entre ellas y los organismos eucariontes. Para 1990, Woese propuso la clasificación de los seres vivos en tres dominios: arqueas, bacterias y eucariontes (organismos eucariontes).

Las arqueobacterias fueron separadas de las bacterias y ubicadas en árboles filogenéticos distintos, basados principalmente en las secuencias de genes de ARN ribosómico (ARNr). Woese argumentó que este grupo de procariotas constituían un tipo de vida fundamentalmente distinto, y para enfatizar esta diferencia usaron el término dominio, y los rebautizaron como archaea y bacteria.

Al principio se creía que la mayoría de las arqueas eran "extremófilos", es decir, que se encontraban restringidas a hábitats con condiciones extremas, tradicionalmente consideradas inhabitables por sus duras condiciones (alta temperatura, presencia de sustancias tóxicas, gran acidez), tales como fuentes termales, depósitos profundos de petróleo caliente, fumarolas marinas, lagos salinos (incluso en el mar Muerto). Recientemente, se ha descubierto que hay vida de numerosos arqueas en un amplio rango de hábitats y condiciones ambientales. La mayor parte de las especies de arqueas no pueden ser cultivadas en el laboratorio, sus ambientes naturales son difíciles de recrear y, por tanto, no se conoce con precisión la microbiología de gran número de especies. Aún así, el repertorio de soluciones metabólicas que hallamos en las arqueas es excepcional.

Morfológicamente las arqueas son parecidas a las bacterias, la mayoría son pequeñas y con formas de bastones, cocos y espirilos, organizadas de manera individual y asociadas en colonias.

A diferencia de las bacterias, las paredes celulares están conformadas por proteínas o seudopeptidoglicano, y la membrana celular posee lípidos con enlace éter dispuestos formando una monocapa o bicapa. El ADN se encuentra unido a proteínas similares a las histonas, formando estructuras tipo nucleosomas eucariotas, además algunos genes de arqueas contienen intrones en su ADN, en contraste con la falta completa de intrones en eubacterias, y la presencia de intrones en todos los genes de los eucariotas.

Las arqueas pueden ser aerobias, aerobias facultativas o anaerobias estrictas, autótrofas o heterótrofas. Varias especies son productores primarios, usando el dióxido de carbono como fuente única de carbono y obteniendo energía por la oxidación de sustancias inorgánicas, tales como azufre o hidrógeno, o por la reducción de azufre o nitrato. Aunque no se conocen especies que fijen carbono a través de la fotosíntesis, algunas arqueas usan iones activados por la luz, tales como la bacteriorodopsina y halorodopsina, que generan gradientes iónicos que son convertidos en adenosín trifosfato (ATP). Las arqueas presentan una gran variedad de reacciones químicas en su metabolismo. Estas formas de metabolismo se clasifican en grupos nutricionales, según la fuente de la energía y del carbono.

Algunas arqueas obtienen la energía producto de la oxidación de compuestos inorgánicos como el azufre o el amoníaco. Estas arqueas incluyen nitrificantes, metanógenos y oxidantes anaeróbicos de metano.

Grupos de arqueas que utilizan la luz solar como fuente de energía y CO_2 como fuente inorgánica de carbono, con lo cual elaboran nutrientes orgánicos por fotosíntesis, cuya particularidad es que no libera oxígeno en el proceso.

1.4.3. Quimioorganótrofas

Utilizan compuestos orgánicos (glucosa y otros) como fuente de energía. Catabolizan la glucosa en una modificación de la glucólisis llamada la ruta de Entner-Doudoroff, y un ciclo de Krebs. Esto refleja la evolución temprana de estas partes del metabolismo en la historia de la vida.

1.5. REPRODUCCIÓN

Al no tener núcleo en la célula, las arqueas no se reproducen por mitosis, sino que procrean mediante un proceso llamado fisión binaria. En este proceso de fisión binaria, el ADN se replica y las dos hebras se separan a medida que crece la célula. En algunos casos más de dos cromosomas hijos pueden ser creados y, posteriormente, separados, en un proceso llamado fisión múltiple.

1.6. RESISTENCIA

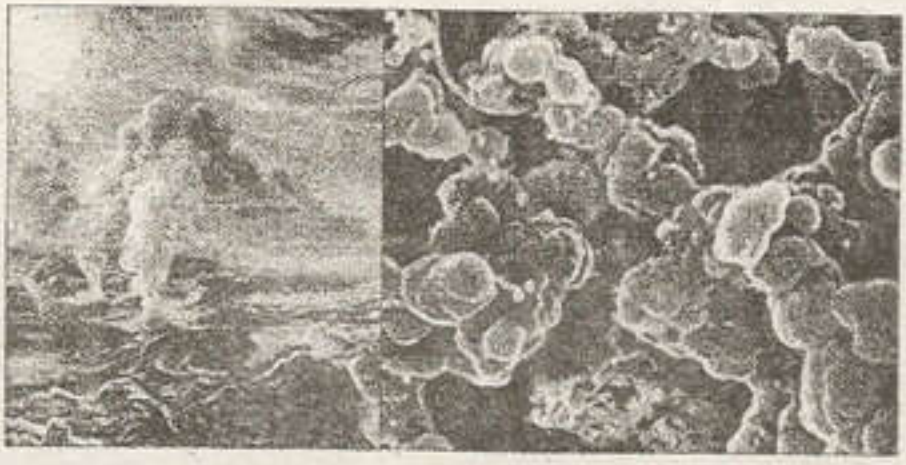
No se forman endosporas en ninguna especie, aunque algunas halobacterias pueden formar paredes gruesas que son resistentes al choque osmótico y que les permiten sobrevivir a bajas concentraciones de sal.

1.7. PATOGENICIDAD

En la actualidad, no se conoce de casos donde las arqueobacterias hayan sido causantes de enfermedades en el ser humano u otros organismos.

2 ▸ ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LAS ARQUEAS

No hay acuerdo sobre cuándo se han originado las archaeas, puesto que los fósiles más tempranos son difíciles de interpretar. Los sedimentos más antiguos que se conocen, los de Groenlandia occidental de hace 3800 millones de años, podrían contener restos de arqueas. Fósiles probables datan de hace casi 3500 millones de años y restos de lípidos, que podrían ser de archaea (como de eucariontes) se han detectado en rocas de hace 2700 millones de años. Sin embargo, no todos los investigadores están de acuerdo con la asignación de estos fósiles a archaea y sitúan su probable origen hace solo 900 millones de años. Además, teniendo en cuenta los estudios realizados en su ARNr 16 S se ha podido determinar un ritmo bajo de evolución con respecto a las otras bacterias y a los eucariontes, debido a la necesidad de conservar intactos los genes que les proporcionan las características fenotípicas apropiadas para sobrevivir en ambientes críticos.



Se considera que las condiciones de crecimiento semejan a las existentes en los primeros tiempos de la historia de la Tierra, por ello a estos organismos se los denomino arqueobacterias (del griego *arkhaios* = antiguo).

Lumbreras Editores

Por otra parte, las arqueas han sido de invaluable importancia en el estudio de hipótesis sobre las primeras formas de vida en la Tierra, considerando su capacidad de adaptación a ciertas condiciones ambientales extremas, tales como: temperaturas altas, gran actividad volcánica y una atmósfera anóxica que favorece la metanogénesis. Por lo tanto, las arqueas son excelentes candidatos para ilustrarnos sobre las posibles adaptaciones de las primeras células a la tierra primitiva.

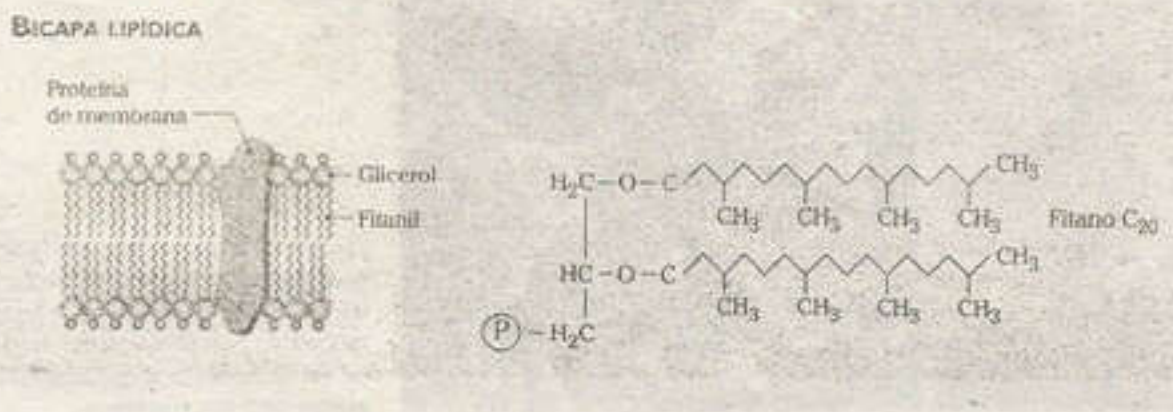
3. Estructura celular

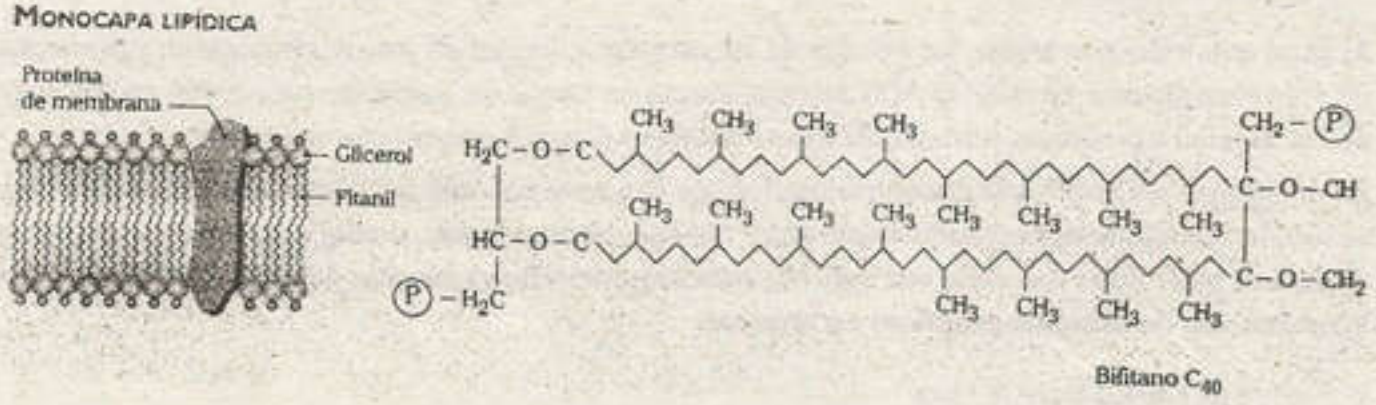
	ARQUEAS	BACTERIAS	EUCARIONTES
Pared	Pseudopeptidoglicano, o solo por proteínas	Peptidoglicanos	Plantas (celulosa), animales (ninguna), fungi (quitina)
Membrana	Lípidos: las cadenas hidrocarbonadas ramificadas están unidas al glicerol por enlaces **éter**	Lípidos: las cadenas de ácidos grasos están unidas al glicerol por enlaces **éster**	
Genoma	ADN único, circular, presencia de plásmidos		ADN fragmentado en cromosomas múltiples

3.1. Membrana citoplasmática

Presenta características particulares con respecto al componente lipídico. A diferencia de las eubacterias y eucariotas, carecen de ácidos grasos y en su lugar tienen cadenas laterales compuestas de unidades repetitivas de isopreno unidas por enlaces éter al glicerol, constituyendo el gliceroldiéter. Este se distribuye formando una bicapa lipídica en la membrana de las arqueas.

En algunas arqueas, las cadenas laterales (fitanil) de los gliceroldiéteres se unen entre sí por enlaces covalentes formando moléculas de diglicerol tetraéter, que a su vez forman una monocapa en lugar de la bicapa característica de las membranas, este último arreglo es muy estable a temperaturas altas, por lo tanto, no es una sorpresa que se encuentre principalmente en las arqueas termoacidófilas.



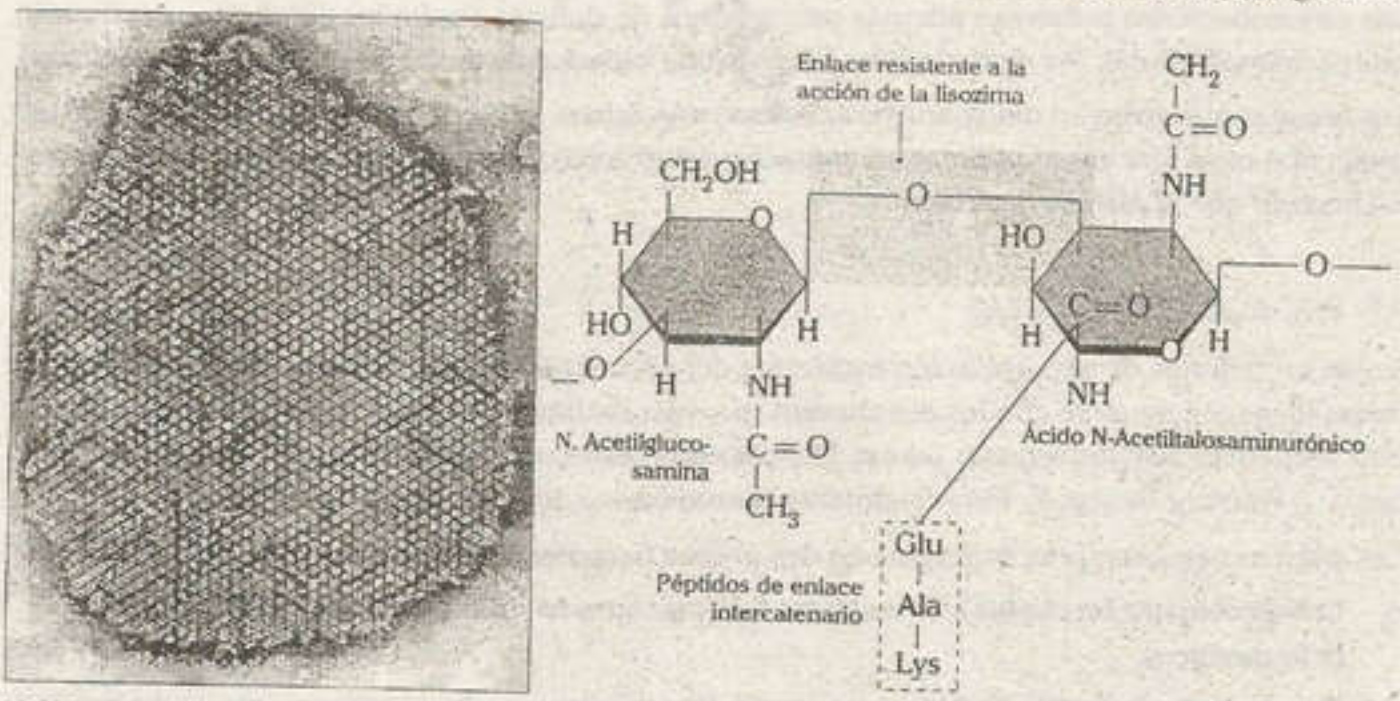


La membrana presenta parches de bacteriorrodopsina, un pigmento rojizo sensible a la luz, que bombea protones para la síntesis de ATP. La membrana de arqueas se diferencia de bacterias y eucariotas en la ausencia de citocromos y quinonas para la transferencia de electrones.

3.2. PARED CELULAR

Tiene función protectora, impide la lisis osmótica y debido a su composición, le brinda resistencia natural frente a la lisozima bactericida. La pared le brinda a las arqueas diferentes morfologías, como respuesta a los diferentes ambientes en los cuales se desarrolla.

Con la única excepción en *Thermoplasma*, arquea que carece de pared celular, el tipo más común de pared celular entre arqueas es la capa superficial paracristalina (capa S), que también se encuentra en las eubacterias, formada de proteína o glicoproteína. En las arqueobacterias metanogénicas su pared celular está formada por un polisacárido denominado pseudopeptidoglicano, con enlaces glucosídicos 1,3 en lugar de los 1,4 de los peptidoglicanos de las bacterias. Las paredes de las arqueas son resistentes naturalmente a la lisozima, debido a la ausencia de peptidoglicano.



La estructura del seudopeptidoglicano se compone de repeticiones alternadas de N-acetilglucosamina y ácido N-acetiltalosaminurónico unidos mediante enlaces glucosídicos de tipo 1,3.

3.2 GENOMA ARQUEANO

Al igual que todo procariota, las células de las arqueas carecen de envoltura nuclear, y presentan un solo cromosoma circular. El ADN se empaqueta en forma de nucleosomas, como en los eucariotas, gracias a proteínas semejantes a las histonas y algunos genes poseen intrones.

En el citoplasma es posible encontrar elementos extracromosómicos, tales como plásmidos, que se pueden propagar por contacto físico entre células, en un proceso similar a la conjugación bacteriana. Los plásmidos son cada vez más importantes como herramientas genéticas, pues permiten la realización de estudios genéticos en arqueas.

3.3 CITOPLASMA ARQUEANO

Al igual que las bacterias, no tienen membranas internas que delimiten orgánulos. Como todos los organismos presentan ribosomas, pero a diferencia de los encontrados en las bacterias que son sensibles a ciertos agentes químicos inhibidores, los de las arquea (y también los de eucariontes) no lo son, lo que puede sugerir una relación cercana entre arqueas y eucariontes.

3.3.1. Ribosomas

Son pequeños de tipo 70 S, participan en la traducción para la síntesis de proteínas. Presentan dos subunidades constituidas de ARN ribosómico y proteínas. Durante la síntesis de proteínas, el primer aminoácido trasportado por el ARN transferencia es la metionina, en vez de la formilmetionina propia de las bacterias.

3.3.2. Flagelos

Algunas arqueas también tienen flagelos que son notablemente diferentes en composición y desarrollo de los similares flagelos de las bacterias.

Las arqueobacterias presentan además mecanismos de defensa contra las condiciones extremas que podrían afectarlas. Por ejemplo, ellas fabrican una variedad de moléculas y enzimas protectoras.

Las arqueas que viven en medioambientes altamente ácidos, poseen en su superficie celular unas moléculas cuya función es ponerse en contacto con el ácido para evitar que penetre en la célula y así impedir que el ADN se destruya.

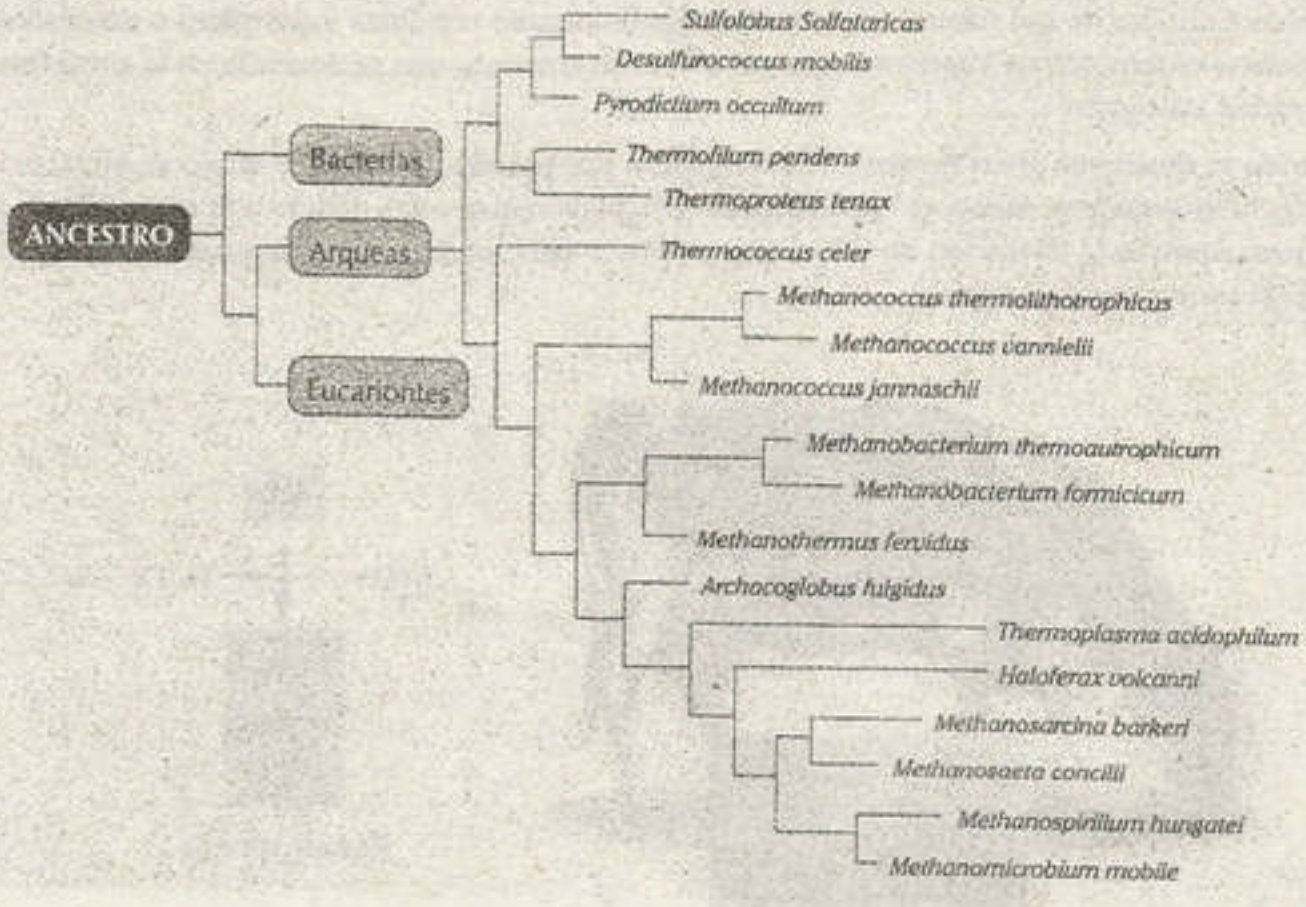
4. FILOGENIA DE ARQUEAS

Según los criterios de secuenciación molecular del ARN ribosomal, las arqueas están más relacionadas filogenéticamente con los eucariontes que con las bacterias. Basadas en los resultados de esta secuenciación, las arqueas fueron identificadas como una línea evolutiva separada en 1977 por Carl Woese y George E. Fox y finalmente promovidas a dominio en 1990.

Las arqueas consisten principalmente en dos grupos filogenéticamente diferentes:

- ***Crenarchaeota* (*crenotas*).** Es un grupo fisiológicamente homogéneo de hábitats enteramente termofílicos.
- ***Euryarchaeota* (*euryotas*).** Son un grupo fenotípicamente heterogéneo, que incluye a las metanogénicas y halófilas.

Lumbreras Editores



El dominio de las arqueas muestra aspectos interesantes con respecto a la heterogeneidad de sus grupos y la forma como cada uno de ellos han resuelto los problemas que enfrentan en los diferentes ambientes. Las arqueobacterias están divididas en tres grupos de acuerdo con la adaptación que presentan al medio donde residen:

- Metanogénicas. Procariotas que producen metano.
- Halófilas extremas. Viven en regiones con muy alta concentración de sal (NaCl); requieren una concentración de al menos 10% de cloruro de sodio para su crecimiento.
- Extremas (hiper) termófilas. Viven a temperaturas muy altas.

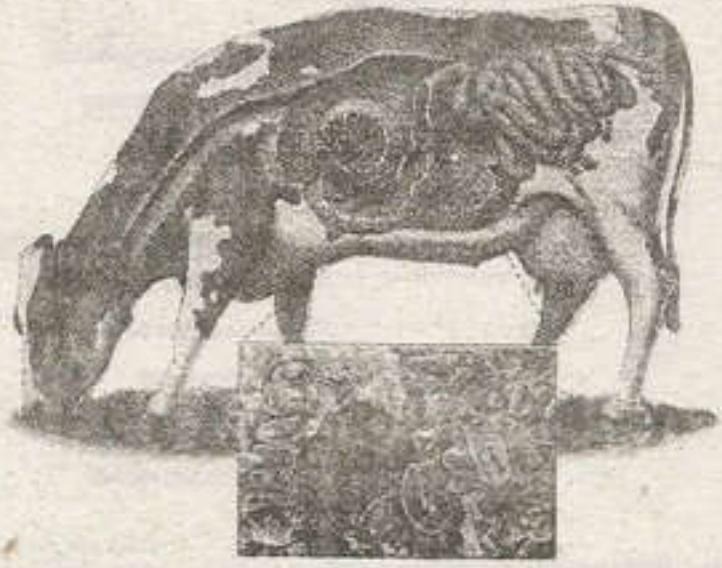
ARQUEAS METANÓGENAS

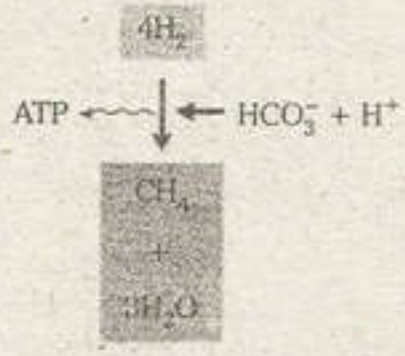
Son anaerobias obligadas que no toleran ni siquiera breves exposiciones al aire (O_2). Habitan, por lo general, ambientes anaeróbicos (anóxicos) en donde la materia orgánica sufre descomposición, como es el caso de los drenajes, pantanos, sedimentos lacustres y marinos, plantas de tratamiento de líquidos cloacales, tracto intestinal de animales vertebrados incluyendo el hombre.

Las metanogénicas tienen un tipo increíble de metabolismo que puede usar el H_2 como fuente de energía y el CO_2 como fuente de carbono para su crecimiento. En el proceso de construcción de material celular desde H_2 y CO_2, las metanogénicas producen metano (CH_4) en un único proceso generador de energía. Otros sustratos usados para la producción de metano, pueden ser el CO, formiatos y acetatos producto de la fermentación de otros anaerobios.

El producto final (gas metano) se acumula en el ambiente, así se han creado la mayoría de las fuentes naturales de gas natural (combustible fósil) utilizado con fines industriales o domésticos. El metano es también un importante gas del efecto invernadero que se acumula en la atmósfera a velocidad alarmante.

Cuando se destruyen áreas verdes y se reemplazan por ganado, se produce un doble impacto en el efecto invernadero: menores cantidades de CO_2 serán eliminadas debido a la remoción de las plantas; además, la liberación de CO_2 y CH_4 producto del metabolismo combinado del ganado y los procariotas metanogénicos.





Metanogénesis

Los procariotas metanogénicos son habitantes normales del rumen de vacas y rumiantes. Una vaca puede eliminar unos 50 litros de gas metano por día, en el proceso de eructación.

La diversidad de metanógenos es amplia, destacan los géneros: *Methanobacterium*, *Methanobrevibacter*, *Methanococcus*, *Methanospirillum*, *Methanosarcina*.

▸ ARQUEAS HALÓFILAS EXTREMAS

Estos procariotas se caracterizan por vivir en ambientes de elevada salinidad, entre ellos: salinas, lagos salados naturales, estanques de evaporación de agua salada, hábitats salinos artificiales, como en las preparaciones caseras concentradas de sal que se utilizan para la preservación de algunos tipos de pescado y carne, en donde se reconoce su preséncia por el hecho de formar manchas rojas. La concentración de sal en dichos hábitats está cercana al punto de saturación (32%), aunque la mayoría de especies requieren 12-23% para un óptimo crecimiento.

Por el hecho de encontrarse en medios hipertónicos (muy salados) adquieren un comportamiento muy particular, que consiste en acumular intracelularmente compuestos orgánicos denominados solutos compatibles, los cuales contrarrestan la tendencia de la bacteria a deshidratarse en esas condiciones.

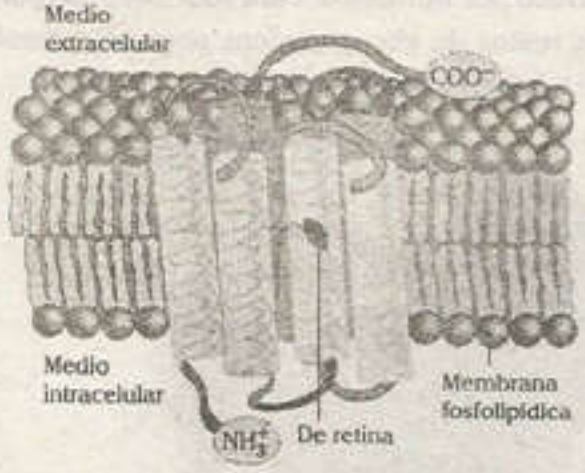
Las paredes celulares y la maquinaria bioquímica de la célula (enzimas, ribosomas) no solo son tolerantes a la sal sino que la necesitan para funcionar con efectividad, incluso en hábitats hipersalinos cercanos a la saturación.

Las especies más conocidas pertenecen al género: *Halobacterium*, *Halorubrum* y *Halococcus*.

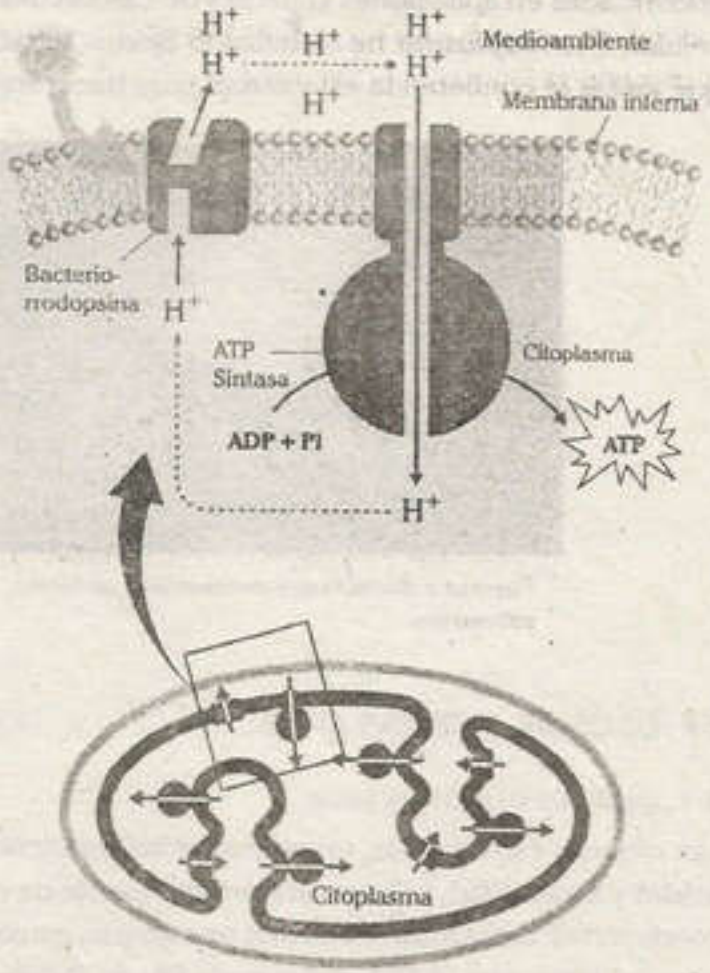
Bacteriorrodopsina

La alta concentración de ClNa en el ambiente limita la disponibilidad de O_2 para la respiración. La especie *Halobacterium halobium* se adapta a estas condiciones mediante el desarrollo de una "membrana púrpura", que toma esta coloración por la presencia del pigmento llamado bacteriorrodopsina, cuyo cromóforo es el carotenoide retinal.

ESTRUCTURA DE LA BACTERIORRODOPSINA



BACTERIORRODOPSINA Y SÍNTESIS DE ATP



Este pigmento reacciona con la luz formando un gradiente de protones, convirtiendo la energía lumínica en una fuerza motora de protones a través de la membrana celular, la cual es utilizada para la síntesis de ATP celular. Este es el único ejemplo en la naturaleza de una fotofosforilación sin clorofila.

7▸ ARQUEAS HIPERTERMÓFILAS O TERMOACIDÓFILAS

Es un grupo heterogéneo de microorganismos que tienen como característica común la capacidad para crecer a altas temperaturas (mayor a 80 °C) y bajo pH (menor a 2) debido a la oxidación biológica del H_2S y S, que produce H_2SO_4. Sus membranas y enzimas son inusualmente estables a estas condiciones. Su metabolismo productor de energía puede ser heterótrofo o autótrofo quimiosintético y, por lo general, son anaerobias estrictas. Habitan ambientes calientes, ricos en sulfuro asociados a los volcanes, como los manantiales calientes, géiseres y fumarolas (del Parque Nacional de Yellowstone), en respiraderos termales (*smokers*) y en fracturas del piso oceánico.

Sulfolobus fue el primer arquea hipertermofílico descubierto, crece en ambientes ricos en sulfuro, manantiales calientes, 90 °C y pH 1. Durante la oxidación biológica de nutrientes usan el sulfuro de hidrógeno (H_2S) como aceptor de electrones en reemplazo del oxígeno, produciendo H_2SO_4. Junto a la bacteria *Thermus aquaticus* (fuente de la enzima Taq polimerasa usada en la reacción en cadena de la polimerasa, PCR), descubierto en el parque Yellowstone, iniciaron el campo de la biología de los hipertermófilos.

Thermoplasma es un termófilo único, carece de pared celular, crece a 55 °C y pH 2; solo han sido encontradas en apilaciones calientes de carbón desechado por humanos. Para sobrevivir sin pared celular, *Thermoplasma* ha sintetizado lípidos tetraéter, restos de glicoproteínas pero no esteroles que juntas le confieren la estabilidad para hacer frente a las condiciones de acidez y calor.

Fuentes o chimeneas hidrotermales en fondo submarino.

Sulfolobus acidocaldarius

8▸ USOS DE ARQUEAS EN TECNOLOGÍA E INDUSTRIA

8.1. INGENIERÍA GENÉTICA

Las arqueas extremófilas, en particular las resistentes a las altas temperaturas o a los extremos de acidez y alcalinidad, son una importante fuente de enzimas que pueden funcionar bajo estas duras condiciones. Estas enzimas tienen una amplia gama de usos. Por ejemplo, los ADN polimerasas termoestables, como el ADN polimerasa Pfu de *Pyrococcus furiosus*, al igual que los ADN polimerasas Taq de la bacteria *Thermus aquaticus* han revolucionado la biología molecular, al permitir su uso en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) como método simple y rápido para la clonación del ADN.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

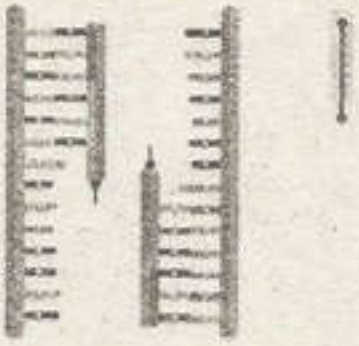
TÉCNICA DE PCR (REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA)

Pyrococcus furiosus

Enzima ADN polimerasa Pfu

ADN a amplificar

Desnaturalización
Separación de las cadenas de ADN



Desnaturalización
Separación de las cadenas de ADN

Hibridación
Unión de los cebadores al ADN molde

Elongación
Síntesis de la cadena complementaria

8.2. INDUSTRIA ALIMENTARIA

Los biotecnólogos han explotado a los extremófilos como fuente de enzimas denominadas extremoenzimas por su resistencia a condiciones extremas de temperatura y salinidad, las cuales ofrecen nuevas oportunidades para biocatálisis y biotransformaciones como resultado de su extrema estabilidad. Extremoenzimas hidrolíticas son utilizadas para la elaboración de productos dietéticos, procesamiento de alimentos cárnicos como ablandador y modificador de la proteína de la soya.

En la industria, las amilasas y galactosidasas de especies de *Pyrococcus* realizan su función a más de 100 °C, lo que permite la elaboración de alimentos a altas temperaturas, tales como leche baja en lactosa y leche de suero.

8.3. INGENIERÍA AMBIENTAL

Las arqueas metanógenas son utilizadas en el tratamiento de aguas residuales, realizando la digestión anaeróbica de los residuos y produciendo biogás (biometanización).

Las archaea acidófilas son también prometedoras en minería para la extracción de metales, tales como oro, cobalto y cobre.

8.4. MEDICINA

Una nueva clase de antibióticos potencialmente útiles se derivan de este grupo de organismos. Ocho de esas sustancias ya han sido caracterizadas, pero podría haber muchas más, especialmente en halobacteria. El descubrimiento de nuevas sustancias depende de la recuperación de estos organismos del medioambiente y de su cultivo.

twitter.com/calapenshko

- "Bilogía virtual". Dirección Nacional de Innovación Académica. Universidad Nacional de Colombia. <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000024/lecciones/cap01/01_03_02.htm>.
- MADIGAN, MARTINKO, PARKER. *Brock, Biología de los microorganismos*. Décima edición. Madrid: Pearson educación, 2004.
- PRESCOTT, L. M.; HARLEY, J. P. y D. A. KLEIN. *Microbiología*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 1999.
- PURVES, Bill; HELLER, Craig; ORIANS, Gordon; SADAVA, David y David HILLIS. *Vida, la ciencia de la biología*. Octava edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2009.

Vivir al límite

Compartimos el mundo con seres capaces de desarrollarse en condiciones en las que nosotros moriríamos, a veces, en segundos.

Los científicos los llaman extremófilos. Son microbios que viven en entornos que matarían a muchas criaturas, incluidos nosotros. Organismos capaces de desarrollarse en la oscuridad absoluta, a altas presiones, sin agua o casi, en ambientes muy ácidos o muy alcalinos, a altísimas o bajísimas temperaturas, bombardeados por radiación... Muchos de ellos son poliextremófilos; es decir, se encuentran cómodos en un ambiente que reúne varias condiciones extremas. Aunque todo es cuestión de perspectiva.

"Desde la perspectiva de una parte sustancial de la vida en la Tierra, la capacidad de vivir en un mundo aeróbico (rico en oxígeno) confiere a nuestra especie la distinción de extremófila. Hay otras cosas que los organismos pueden 'respirar'. La bacteria *Shewanella putrefaciens* usa átomos de metal en su metabolismo de la misma manera que nosotros átomos de oxígeno. Como tal, 'respira' metal, en su caso, manganeso", apunta Lynn Rothschild, astrobióloga del Centro de Investigación Ames de la NASA.

A los astrobiólogos, los científicos que estudian cómo puede ser la vida en otros mundos, les apasionan los extremófilos porque demuestran que los seres vivos pueden prosperar en ambientes que hasta hace poco no considerábamos aptos. "La Tierra nos ofrece un maravilloso conjunto de adaptaciones de la vida. Mediante el estudio de los extremófilos en la Tierra, podemos obtener la primera indicación clara de cómo podría ser ET o, al menos, el tipo de cosas que podría comer y respirar", explica Rothschild.

Así, organismos del estilo de los que hay en el río Tinto, en Huelva, un entorno muy ácido y con muchos metales pesados, podrían haberse desarrollado en el pasado en la superficie de Marte, e incluso subsistir ahora en su subsuelo, y el océano subsuperficial de Europa, la luna helada de Júpiter, podría acoger formas de vida como las detectadas en las chimeneas hidrotermales submarinas. Ahora se trata de ir a esos mundos con el microscopio porque pueden estar habitados...

http://www.elcorreo.com/vizcaya/ocio/201312/01/domingo-prdidos-espacio011213.html

Preguntas resueltas

Problema 1

La clasificación actual, donde se independiza el reino arquea, se basa en el análisis del

A) RNAm. B) RNAt. C) RNAr.
D) DNAc. E) DNAs.

Resolución

En los años ochenta se produjo un gran avance en filogenia procariota gracias al advenimiento del análisis genético. Sobre la base de estudios de ARN ribosómico (el cual es más fácil de analizar que el ADN), Carl Woese y G. Fox dividieron en 1977 a los procariotas o moneras en dos superreinos: Eubacteria y Archaebacteria. En 1990, Woese renombró los nuevos grupos por lo que postuló el sistema de tres dominios formado por Bacteria, Archaea y Eucarya.

Rpta. D

Problema 2

La diferencia más sustancial entre la pared celular de las arqueas y bacterias es que en las primeras se puede encontrar

A) mureína.
B) ácidos teicoicos.
C) pseudomureína.
D) peptidoglicano.
E) silicatos.

Resolución

En las arqueobacterias metanogénicas su pared celular está formada por un polisacárido denominado pseudopeptidoglicano o pseudomureína, con enlaces glucosídicos 1,3 en lugar de los 1,4 de los peptidoglicano de las bacterias.

Las paredes de las archaea son resistentes naturalmente a la lisozima, debido a la ausencia de peptidoglicano.

Rpta. C

Problema 3

La diferencia entre los componentes lipídicos de las membranas de las arqueas y bacterias es que las primeras presentan como enlace entre sus componentes

A) fosfodiéster. B) éster. C) éter.
D) peptídico. E) glucosídico.

Resolución

La membrana plasmática de las arqueas presenta características particulares con respecto al componente lipídico. A diferencia de las eubacterias y eucariotas, carecen de ácidos grasos y en su lugar tienen cadenas laterales compuestas de unidades repetitivas de isopreno, unidas por enlaces éter al glicerol, constituyendo el gliceroldiéter.

Rpta. C

Problema 4

Las arqueas son encontradas en medios ambientes naturales cuyas condiciones de temperatura, salinidad, acidez y otros factores físico-químicos son

A) en promedio valores normales del medio.
B) las mismas condiciones en que habitan el resto de bacterias.
C) extremos que les permiten habitar lugares inhóspitos para otros.
D) óptimos para cualquier forma de vida.
E) apropiados para la reproducción sexual.

Resolución

La mayoría de arqueas son consideradas extremófilas que viven en ambientes hostiles, tales como aguas termales y lagos salados, pero también se pueden encontrar en los más diversos hábitats, tales como el suelo, océanos, pantanos y en el colon humano.

Problema 5

Las arqueobacterias participan en la formación de emisiones ácidas resultado de actividades mineras, como parte del ciclo del

A) carbono. B) nitrógeno. C) fosfato.
D) azufre. E) agua.

Resolución

En el ciclo del azufre, las arqueas que crecen oxidando compuestos de azufre liberan este elemento de las rocas, haciendo que quede disponible para otros organismos. Sin embargo, las arqueas que hacen esto, como sulfolobus, producen ácido sulfúrico como producto residual, y el crecimiento de estos organismos en minas abandonadas puede contribuir a la formación de los líquidos del drenaje minero ácido y otros daños ambientales.

Problema 6

La contribución de un grupo de arqueobacterias al efecto invernadero se debe, principalmente, a

A) la emisión de dióxido de carbono.
B) la emisión de metano.
C) la producción de ácido sulfúrico.
D) el consumo de dióxido de carbono.
E) la liberación de sustancias ácidas.

Resolución

En el ciclo del carbono, las arqueas metanógenas liberan hidrógeno y son importantes en la descomposición de la materia orgánica realizada por las poblaciones de microorganismos que actúan como descomponedores en los sistemas anaeróbicos, como depósitos de sedimentos, pantanos y en el tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, el metano es uno de los gases de efecto invernadero más abundantes en la atmósfera terrestre y constituye el 18% del total global. Es 25 veces más potente como gas invernadero que el dióxido de carbono. Los microorganismos metanógenos son la primera fuente de metano atmosférico, y responsables de la mayoría de las emisiones de metano anuales mundiales. Como consecuencia, estas arqueas contribuyen a las emisiones de gases invernadero globales y al calentamiento global.

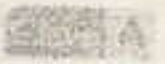
Pregunta 7

Las arqueas que realizan fotosíntesis sin clorofila comprenden a

A) halófilas.
B) termófilas.
C) acidófilas.
D) metanógenas.
E) cianofitas.

Resolución

Las arqueas halófilas se adaptan al ambiente altamente salino por el desarrollo de una "membrana púrpura", que toma esta coloración por la presencia del pigmento del tipo de rodopsina llamado bacteriorodopsina.



Lumbreras Editores

Pregunta 8

La bacteriorrodopsina es una proteína que participa en la fotosíntesis de algunas arqueas, y cuya participación es actuar como

A) transportador de electrones.
B) una enzima para la fotólisis del agua.
C) canal protónico.
D) una enzima que forma ATP.
E) bomba de protones.

Resolución

La bacteriorrodopsina es una proteína que tiene como cromóforo al corotenoide retinal. Reacciona con la luz formando un gradiente de protones a lo largo de la membrana que permite la síntesis de ATP. Este es el único ejemplo en la naturaleza de una fotofosforilación sin clorofila.

Clave E

Pregunta 9

Microorganismo del grupo de las arqueas, considerado fuente importante de gas natural y usado con fines industriales o domésticos.

A) halófilas B) termófilas C) acidófilas
D) metanógenas E) psicrófilas

Resolución

Las arqueobacterias metanógenas son anaerobias obligadas que no toleran ni siquiera breves exposiciones al aire (O_2). En ambientes anaeróbicos son muy abundantes, incluyen sedimentos marinos y de agua dulce, pantanos y suelos profundos, tracto intestinal de animales y plantas de tratamiento de líquidos cloacales. Las metanogénicas tienen un tipo increíble de metabolismo que puede usar el H_2 como fuente de energía y el CO_2 como fuente de carbono para su crecimiento, liberando gas metano al ambiente.

Clave D

Pregunta 10

Algunas arqueobacterias, como los metanococos, forman el gas metano mediante reacciones de

A) oxidación anaeróbica de la glucosa.
B) reducción del dióxido de carbono.
C) oxidación del dióxido de carbono.
D) reducción de la glucosa.
E) oxidación de la glucosa.

Resolución

Algunas arqueobacterias anaerobias estrictas, como los metanococos, producen metano mediante la reducción del CO_2, proceso que produce la energía o ATP necesaria para realizar sus actividades, mediante la siguiente reacción.

$$CO_2 + 4\,H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$$

Entre otras reacciones productoras de metano tenemos

$$4\,HCOOH \rightarrow CH_4 + 3\,CO_2 + 2\,H_2O$$
formiato

$$CH_3OH + H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$$
metanol

$$2CH_3COOH \rightarrow 2CH_4 + 2CO_2$$
Acetato

Clave B

Pregunta 11

Los fosfolípidos de membrana en arqueobacterias tienen la siguiente particularidad

A) No son anfipáticos.
B) Carecen de ácidos grasos.
C) No presentan el alcohol glicerol.
D) Poseen enlace éter.
E) No brindan fluidez.

Lumbreras Editores

Resolución

Los lípidos presentes en las membranas de arqueobacterias son únicos desde el punto de vista químico, a diferencia de los eucariotas y las bacterias, en que los enlaces éster son los responsables de la unión entre los ácidos grasos y glicerol, los lípidos de las arqueas poseen enlaces éter para la unión del glicerol con cadenas laterales hidrofóbicas. En lugar de ácidos grasos poseen cadenas laterales formadas por unidades repetitivas de una molécula hidrocarbonada como el isopreno.

Clave: D

Pregunta 12

Es una característica de la membrana celular en arqueas.

A) Siempre está conformada por una bicapa fosfolipídica.
B) Poseen fosfolípidos sin ácidos grasos.
C) Carecen de enzimas.
D) Está constituido por seudopeptidoglicano.
E) Poseen fosfolípidos sin glicerol.

Resolución

La membrana de arqueas, a diferencia de las eubacterias y eucariotas, posee fosfolípidos carentes de ácidos grasos y que en su lugar tienen cadenas poliisoprenoides unidas por enlaces éter al glicerol. Pueden constituir una bicapa y en algunos como las termoacidófilas conforman una monocapa.

Clave: B

Pregunta 13

El proceso anaeróbico metanógeno realizado por algunas arqueas es útil para ellas debido a la

A) producción de metano.
B) reducción de CO_2.
C) producción de ATP.
D) producción de agua.
E) ahorro de oxígeno.

Resolución

Las arqueas metanógenas poseen un metabolismo productor de metano (CH_4). El metano es un producto eliminado al medio durante la reducción de CO_2 para la formación de ATP. Es considerado un proceso de respiración anaeróbica.

Clave: C

Pregunta 14

Respecto a las arqueobacterias halófilas, indique el enunciado incorrecto.

A) Pueden presentar formas de coco y bacilo.
B) Son gramnegativas.
C) Reproducción por fisión binaria.
D) Todas son anaeróbicas.
E) Las halófilas están adaptadas a medios hipertónicos.

Resolución

Respecto a su morfología pueden presentar formas similares a las de las bacterias verdaderas tales como cocos y bacilo. Todas las arqueas halofílicas son gramnegativas. Se reproducen por fisión binaria, no forman esporas. La mayoría de las especies son aerobios obligados, pero otras pueden realizar procesos fermentativos o de respiración anaeróbica. Además, por el hecho de encontrarse en medios hipertónicos (muy salados) adquieren un comportamiento muy particular que consiste en acumular intracelularmente compuestos orgánicos, denominados solutos compatibles, los cuales contrarrestan la tendencia de la bacteria a deshidratarse en esas condiciones.

Clave: D

Lumbreras Editores

Pregunta 15

Arqueobacterias que habitan en fuentes hidrotermales tolerando pH menor a 2.

A) termoacidófilas
B) metanógenas
C) quimiosintéticas
D) halófilas
E) heterótrofas

Resolución

Las arqueobacterias termoacidófilas, por lo general, habitan ambientes terrestres correspondientes a aguas calientes geotérmicas (>80 °C), las cuales se caracterizan por ser ricas en azufre y además por su acidez (pH<2), que puede presentarse desde moderada a extremadamente ácida, debido a la oxidación biológica del H_2S y SO que produce H_2SO_4.

Pregunta 16

Es una de las formas de aprovechamiento de las arqueobacterias.

A) Producción de yogurt
B) Producción de biogás
C) Producción de etanol
D) Producción de ácido láctico
E) Conservación de los alimentos

Resolución

Las arqueas tienen su importancia en la tecnología, hay metanógenos que son utilizados para producir biogás y como parte del proceso de depuración de aguas, y las enzimas de arqueas extremófilas son capaces de resistir temperaturas elevadas y solventes orgánicos, siendo por ello utilizadas en biotecnología.

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Investigador que propuso una forma novedosa de clasificación basada en el uso del RNA 16 S.

A) Alexander Oparín
B) Charles Darwin
C) Alfred Wallace
D) Hugo de Vries
E) Carl Woese

2. De las siguientes alternativas señale cuál es un carácter diferencial entre una arquea y una bacteria.

A) Presentan citoplasma sin núcleo.
B) Carecen de ADNc.
C) Constitución de la membrana y pared celular.
D) Presentan ribosoma 70 S.
E) Son infectadas por fagos.

3. La presencia de una monocapa de lípidos en la constitución de la membrana celular solo es posible en

A) hongos. B) plantas. C) animales.
D) arqueas. E) bacterias.

4. El género bacteriano que fue la fuente de la enzima Taq polimerasa usada en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), se conoce como

A) sulfolobus.
B) termoplasma.
C) thermus.
D) metanococcus.
E) metanosarcina.

5. De las siguientes alternativas señale cuál es un carácter semejante entre una arquea y una bacteria.

A) La presencia de mureína.
B) Presentan los mismos fosfolípidos.
C) Crecen en las mismas condiciones.
D) Presentan ribosomas 70 S.
E) Son atacadas por fagos.

6. Las arqueas que habitan en ambientes con bajo pH, son denominadas

A) metanogénicas.
B) hipertermófilas.
C) acidófilas.
D) alcalófilas.
E) cianoresistentes.

7. Las arqueas que toleran alta concentración de sales se les denomina

A) termófilas.
B) hipermófilas.
C) acidófilas.
D) halófilas.
E) alcalófilas.

8. Las histonas son un grupo de proteínas básicas muy características en la organización del material genético en los eucariontes y además se presentan también en

A) bacterias.
B) procariotas.
C) arqueas.
D) eubacterias.
E) enterobacterias.

Lumbreras Editores

9. En la actualidad se conoce que las arqueas participan en el ciclo del nitrógeno junto a las

A) células animales.
B) células vegetales.
C) células fúngicas.
D) células bacterianas.
E) células eucariotas.

10. Son arqueas utilizadas en el tratamiento de aguas residuales, realizando la digestión anaeróbica de los residuos y produciendo biogás.

A) termófilas.
B) acidófilas.
C) alcalófilas.
D) metanogénicas.
E) hipertermófilas.

11. El pigmento presente en las arqueobacterias halófilas fotosintéticas es la

A) clorofila.
B) ficocianina.
C) ficoeritrina.
D) bacterioclorofila.
E) bacteriorrodopsina.

12. Procariotas habitantes normales del rumen de vacas y rumiantes.

A) halófilas
B) termófilas
C) acidófilas
D) metanógenas
E) psicrófilas

13. La fotosíntesis sin clorofila es realizada por algunas arqueas del grupo de las

A) halófilas
B) termófilas
C) acidófilas
D) metanógenas
E) psicrófilas

14. La principal aplicación biotecnológica de las arqueobacterias metanógenas es

A) la obtención de biogás.
B) el reciclamiento del nitrógeno.
C) el reciclamiento del azufre.
D) la biolixiviación.
E) la transgénesis.

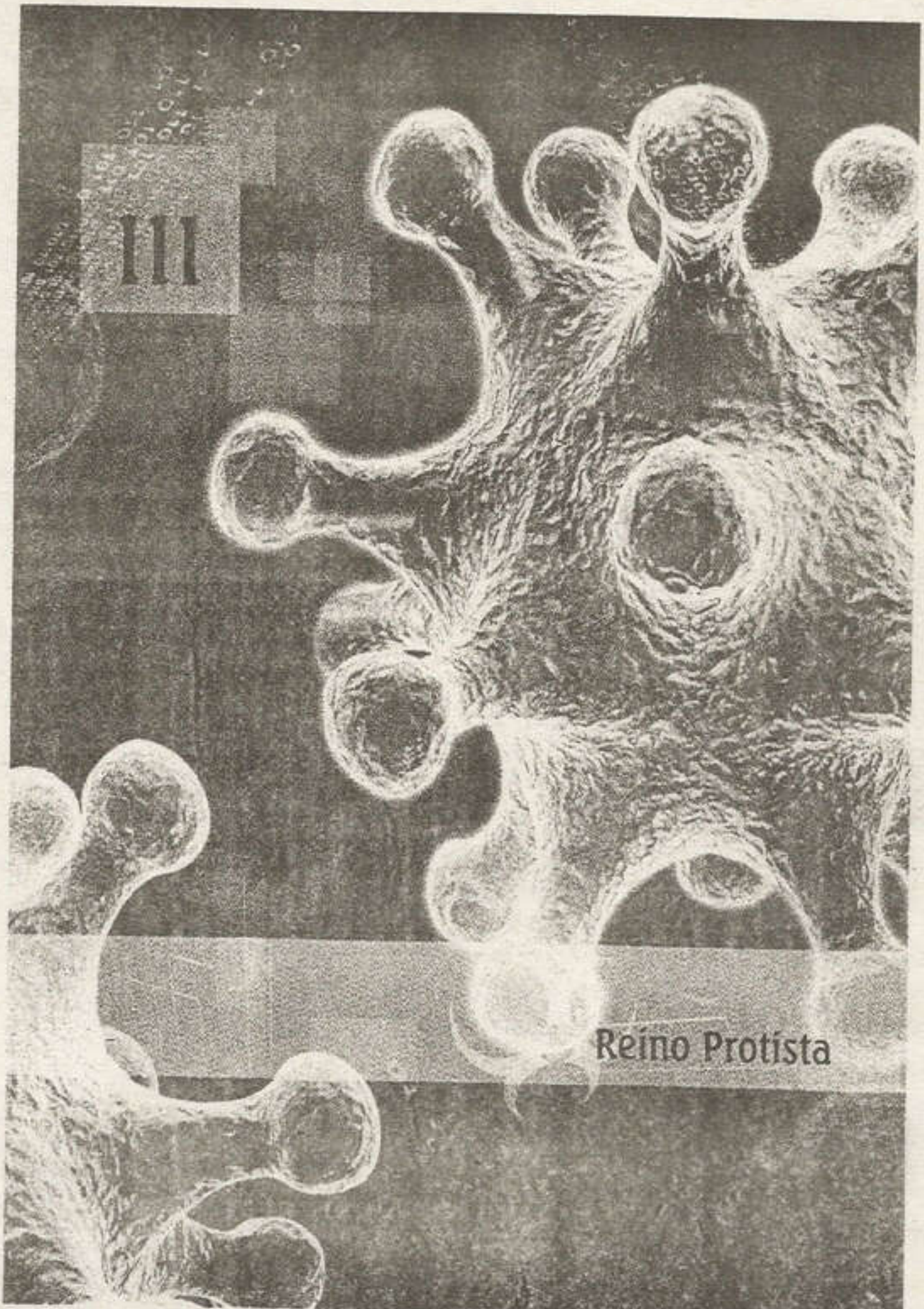
15. La principal aplicación biotecnológica de las arqueobacterias termófilas es

A) la obtención de biogás.
B) la técnica de PCR.
C) la biorremediación.
D) la biolixiviación.
E) la biodegradación.

16. Durante la síntesis de proteínas en arqueas, el primer aminoácido transportado por el ARN de transferencia es la

A) formilmetionina.
B) metionina.
C) cisteína.
D) prolina.
E) lisina.

Lumbreras Editores


III
Reino Protista

CALA PINHO

twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO VI

PROTOZOARIOS

Objetivos

- Conocer la ubicación taxonómica de los protozoarios en el sistema de clasificación de los seres vivos.
- Comprender la estructura y el funcionamiento celular de los organismos protozoarios.
- Explicar las adaptaciones de los protozoarios a consecuencia de su interacción con factores ambientales.

Introducción

Los protozoos son un conjunto diverso formado por organismos unicelulares eucarióticos, la mayoría de ellos son móviles y muchos heterótrofos. Hasta hace algún tiempo se consideraba que este grupo era un solo *filum* dentro del reino animalia: el *filum Protozoa*. En la actualidad, se sabe que el grupo está formado realmente por varios *fila* unicelulares diferentes, los cuales pertenecen al reino protista.

El grupo de los protozoos es enormemente heterogéneo, algunos de sus miembros están más relacionados con los reinos plantae, fungi y animalia de lo que están entre sí. Sin embargo, no cabe duda de que los animales comparten un antecesor común con uno o más grupos de los protozoos.

Muchos de los protozoarios establecen una relación simbiótica con la especie humana, algunas de estas interrelaciones son perjudiciales para el hombre, causando enfermedades tropicales con una alta tasa de mortalidad como la malaria, uta y mal de Chagas, y enfermedades transmisibles por alimentos y bebidas contaminadas como son las disenterías por ameba. Sin embargo, algunos protozoarios pueden ser comensales en nuestro organismo y formar parte de nuestra flora microbiana normal.

En los últimos años se ha producido gran cantidad de información sobre la estructura, ciclos vitales y fisiología de los protozoos; se reconocen siete filos independientes. En este capítulo estudiaremos a los mayores y más importantes filos: sarcomastigóforos (flagelados y amebas), apicomplejos (parásitos intracelulares importantes, como el agente de la malaria) y cilióforos (ciliados).

1. Características generales

1.1. Organismos unicelulares

El ser unicelulares es la única característica común de los protozoos. Aunque casi todos viven como individuos solitarios, existen otras muchas formas coloniales. Algunas tienen tal grado de interdependencia celular que se aproximan a un verdadero nivel estructural pluricelular.

1.2. Estructura celular eucariota

Al igual que las células de los animales pluricelulares, las de los protozoos son de tipo eucariota, sin embargo, debido a que deben llevar a cabo todas las funciones vitales como organismos independientes, y a que presentan una enorme diversidad en cuanto a forma, hábitat, alimentación, etc., las células de los protozoos poseen orgánulos altamente especializados que funcionan como esqueletos, estructuras sensoriales, mecanismos de conducción, entre otros.

1.3. Motilidad

Poseen sistemas de locomoción al menos en un estadio de su ciclo biológico, ya sea por seudópodos, flagelos, cilios y movimientos celulares directos, algunos son sésiles.

1.4. Habitat

Habita lugares húmedos. Existen protozoarios dondequiera que haya humedad: en el mar, agua dulce, suelo húmedo, materia en descomposición, en plantas o en animales. Pueden ser sésiles o de vida libre, y constituyen el plancton flotante.

A pesar de su amplia distribución, muchos protozoos pueden vivir con éxito solamente entre estrechos márgenes ambientales, relacionados con factores físicos como la desecación de una charca, o alteraciones estacionales de temperatura, o por cambios biológicos, como la presión de los depredadores.

1.5. Interrelaciones ecológicas

Algunas especies son simbiontes. Viven sobre animales o plantas, o incluso en otros protozoos. La relación puede ser mutualista si ambos se benefician, comensalismo si uno alimenta a otro, o parásita cuando uno se beneficia a expensas del otro. Según las especies implicadas, algunas de las enfermedades más importantes del hombre y de los animales están causadas por protozoos parásitos.

2. Funciones principales

2.1. Nutrición

Los protozoarios son heterótrofos, deben conseguir moléculas orgánicas sintetizadas por otros organismos. De acuerdo a su forma de alimentación, los protozoos a su vez pueden ser:

2.1.1. Saprozoicos o osmótrofos

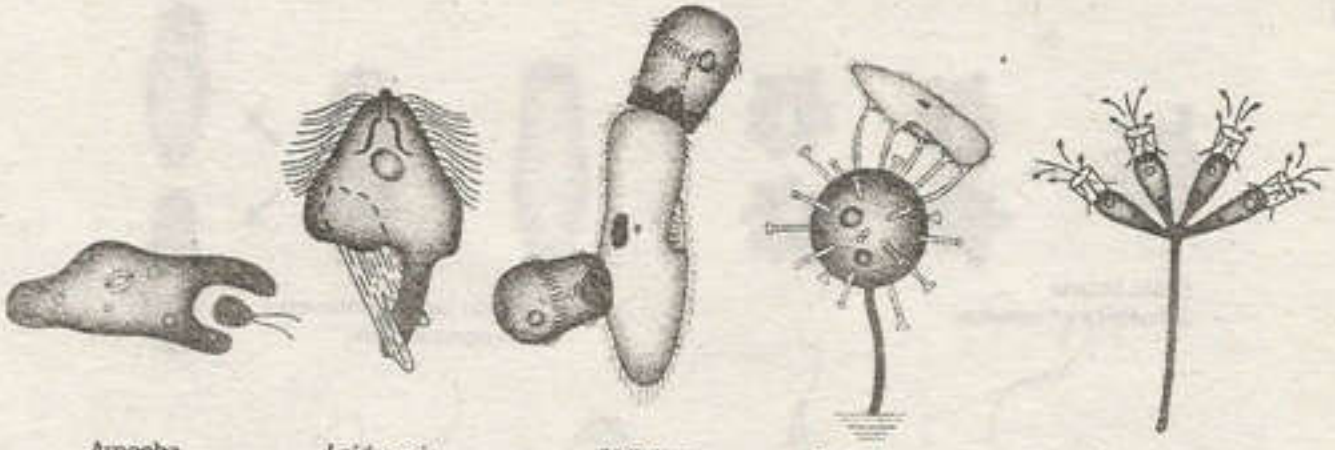
Incorporan sustancias orgánicas disueltas en el medio donde viven a través de su membrana.

Lumbreras Editores

2.1.2. Holozoicos o fagotrofos

Ingieren partículas visibles de alimento mediante el proceso de fagocitosis, formándose una vacuola alimenticia o fagosoma. Los lisosomas, pequeñas vesículas que contienen enzimas digestivas, se fusionan al fagosoma y vacían en él su contenido, con lo que comienza la digestión. Los productos son absorbidos a través de la membrana de la vacuola, por lo que estas se van haciendo cada vez más pequeñas. Cualquier material no digerible se expulsa al exterior por exocitosis.

ALGUNAS FORMAS DE ALIMENTACIÓN DE PROTOZOOS



Amoeba | *Leidyopsis* | *Didinium* | *Podophrya* | Codosiga

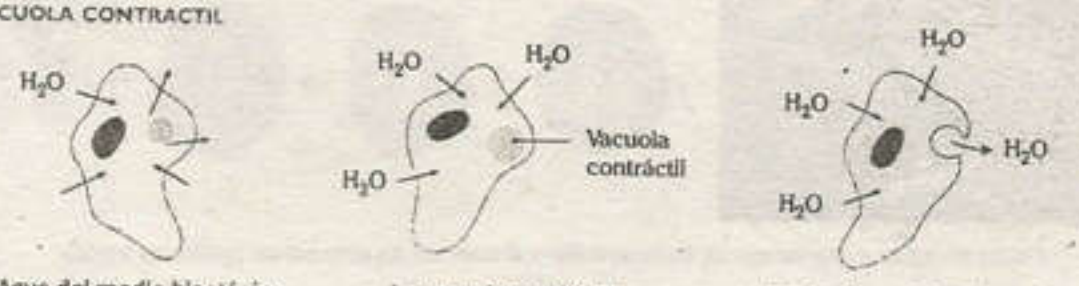
2.2. EXCRECIÓN

Los desechos metabólicos se expulsan hacia el exterior del organismo enteramente por difusión. El principal desecho nitrogenado en los protozoarios es el amoníaco.

Para la osmorregulación, muchos protozoarios exhiben un complejo conformado por una vacuola contráctil y un sistema circundante de pequeñas vesículas o túbulos denominado espongioma, los cuales se encuentran asociados a fibrillas contráctiles.

La vacuola contráctil expulsa el exceso de agua hacia afuera del organismo, a través de un poro temporal o permanente, reduciendo su volumen al descargarse y enseguida se vuelve a llenar con el agua recolectada por los túbulos del espongioma.

VACUOLA CONTRACTIL



Agua del medio hipotónico ingresa a la célula | La vacuola contráctil se llena con agua | La vacuola contráctil se vacía, liberando agua al medio

Funcionamiento de la vacuola contractil. El agua ingresa en el cuerpo de la ameba por ósmosis, y se expulsa por el rítmico llenado y vaciado de la vacuola contráctil (pulsátil).

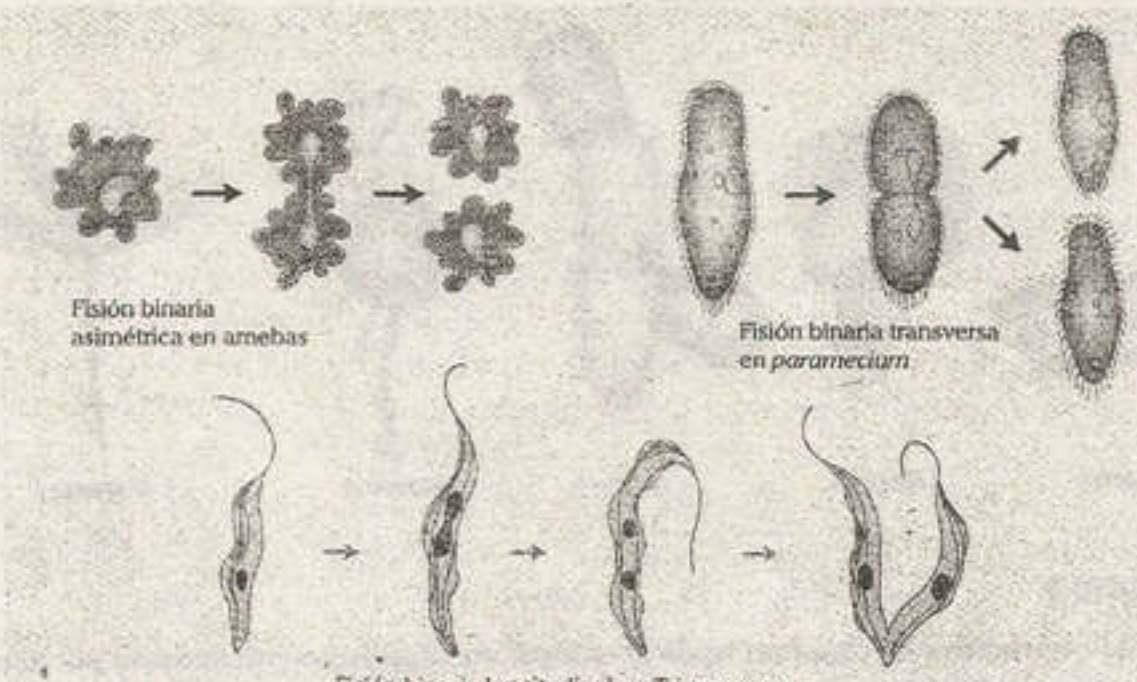
2.3. REPRODUCCIÓN

2.3.1. Asexual

La reproducción asexual ocurre por fisión, la cual a su vez, de acuerdo al número y tamaño de las células hijas formadas, puede ser:

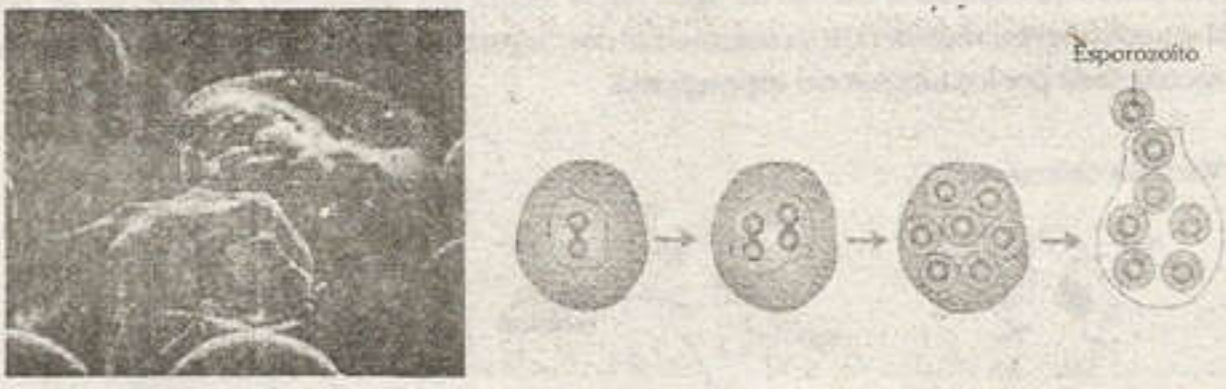
Fisión binaria

División celular de la que resultan dos individuos esencialmente idénticos, en algunos el proceso es simétrico.



Fisión multiple o esquizogonia

La división del núcleo está precedida por varias divisiones nucleares, de forma que se producen varios individuos simultáneamente. Es común entre los esporozoos.



Fisión múltiple o esquizogonia de *Plasmodium* al interior de eritrocitos (glóbulos rojos)

En todas las formas de fisión, el núcleo se divide por mitosis, que a veces es bastante diferente a lo que ocurre en los metazoos. Por ejemplo, la membrana nuclear persiste y el huso acromático puede formarse dentro del núcleo.

2.3.2. Sexual

La reproducción sexual consiste en la fusión de núcleos gaméticos formados por meiosis. Esta fusión puede ocurrir por:

Cuando existe una fusión de gametos. Si los gametos son móviles e idénticos se denominan isogametos, y si son móviles pero poseen diferentes tamaño y estructura se llaman anisogametos. Si los gamentos son diferentes pero uno de ellos es inmóvil, se denomina oogamia.

Los núcleos gaméticos se unen para formar un cigote dentro del mismo organismo que lo produjo.

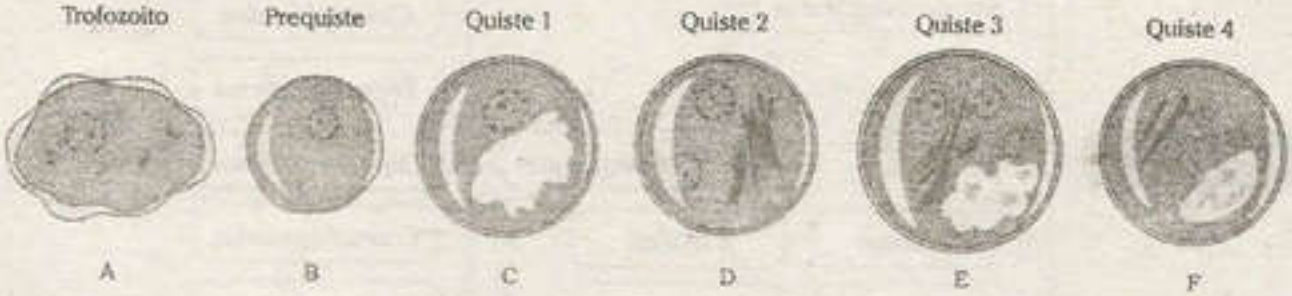
Cuando existe un intercambio de núcleos gaméticos entre una pareja de organismos (conjugantes).

Tipos de fecundación o singamia de acuerdo al tamaño y la movilidad de los gametos.

2.3.3. Enquistamiento

La fase donde los protozoarios llevan a cabo su actividad de nutrición y crecimiento es denominada trofozoito; la exposición a condiciones ambientales adversas favorecen el proceso de enquistamiento, donde adquieren una forma de resistencia denominada quiste, rodeada por una cubierta proteica y metabólicamente inactiva.

Entre las condiciones adversas del medio tenemos: una deficiencia de alimento, desecación, incremento de la presión osmótica ambiental, disminución de la concentración de oxígeno o cambios de temperatura o pH.



Proceso de enquistamiento de *Entamoeba coli*.

En muchas formas parásitas, la formación de quistes es también importante, ya que para su dispersión deben abandonar el hospedero, soportar las condiciones adversas del medio y persistir en él, hasta ser incorporado a otro hospedero. La vuelta de las condiciones favorables inicia el exquistamiento y la liberación del trofozoito activo. Los quistes de algunos ciliados pueden tolerar durante tres horas 100 °C. Sin embargo, los de entamoeba histolítica toleran la acidez gástrica, pero no la desecación, ni temperaturas superiores a los 50 °C, o la luz del sol. No se ha detectado enquistamiento en *Paramecium*, y es raro o no existe en formas marinas.

3. Clasificación

Tradicionalmente, los protozoos se han clasificado teniendo en cuenta los distintos tipos de orgánulos de locomoción que presentan. A continuación, se citan los grupos en los que se incluyen las especies parásitas con más trascendencia en sanidad humana y animal.

3.1. Filum Sarcomastigophora

Poseen pseudópodos, flagelos o ambos tipos de organelos locomotores. Protozoos con núcleo de un solo tipo. La reproducción es asexual por fisión binaria. Incluye los subfilum sarcodina (amebas) y mastigofora (flagelados).

3.2. Filum Ciliophora

Presentan cilios como organelos de locomoción (ciliados). Generalmente con dos tipos de núcleos. Fisión binaria transversal. Vacuola contráctil típicamente presente.

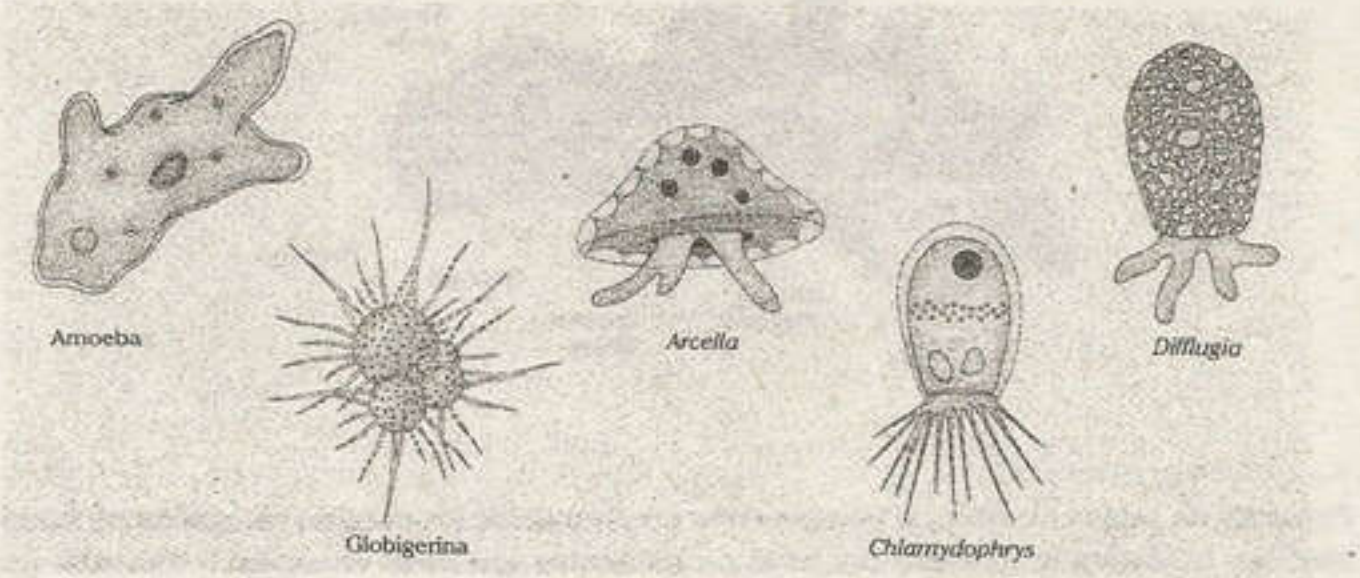
3.3. Filum Apicomplexa

Son protozoos que presentan en alguno de sus estadios una estructura denominada complejo apical (solo visible al microscopio electrónico) y que generalmente está formado por anillos polares, roptrias, micronemas, conoide y microtúbulos subpeliculares. El movimiento tiene lugar por deslizamiento. Reproducción sexual por singamia. En este grupo se incluye el orden *Eucoccidida* (coccidios).

4. SUBFILO SARCODINOS

Conjunto heterogéneo de protozoarios unicelulares, que emiten pseudópodos, apéndices deformables y más o menos efímeros, formados por expansión de la superficie celular. Utilizan estos seudópodos para desplazarse o para capturar el alimento sólido. Poseen reproducción asexual por fisión binaria o múltiple.

Locomoción por seudópodos, que son proyecciones citoplasmáticas temporales y retráctiles que, fijándose al sustrato, ejercen tracción sobre el resto del cuerpo del protozoo. Pueden ser de distintos tipos: lobopodios, reticulopodios, filopodios y axopodios.



Sarcodinos representativos, poseen locomoción mediante seudópodos. Algunos poseen cubiertas protectoras minerales.

4.1. SUPERCLASE RIZÓPODOS

4.1.1. Clase amebidos

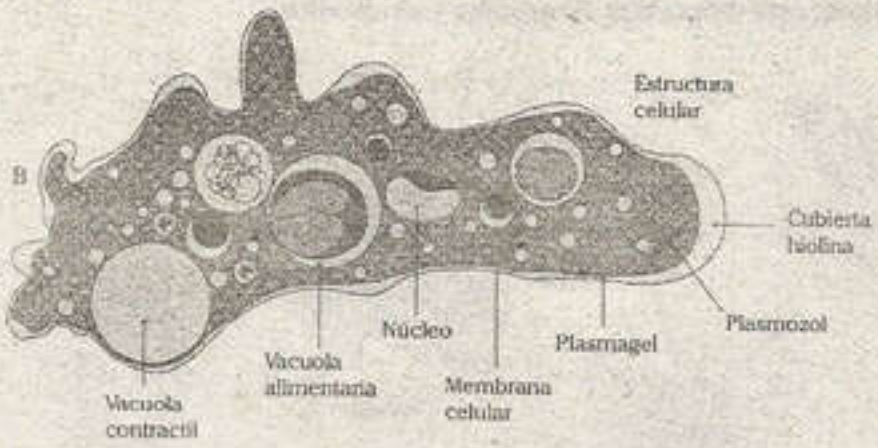
Poseen forma irregular debido a su capacidad de formar lobopodios en cualquier punto de su superficie. En su citoplasma se distingue claramente una región periférica llamada ectoplasma y otra interior llamada endoplasma, en la cual se pueden distinguir orgánulos como la vacuola contráctil, las vacuolas alimenticias y pequeñas vesículas. En condiciones adversas puede enquistarse.

La inmensa mayoría hacen vida libre, en el mar o en las aguas dulces; pero también los hay de tierra húmeda y parásitos o comensales de los animales superiores. Cuando la ameba alcanza su tamaño definitivo, se divide por fisión binaria.

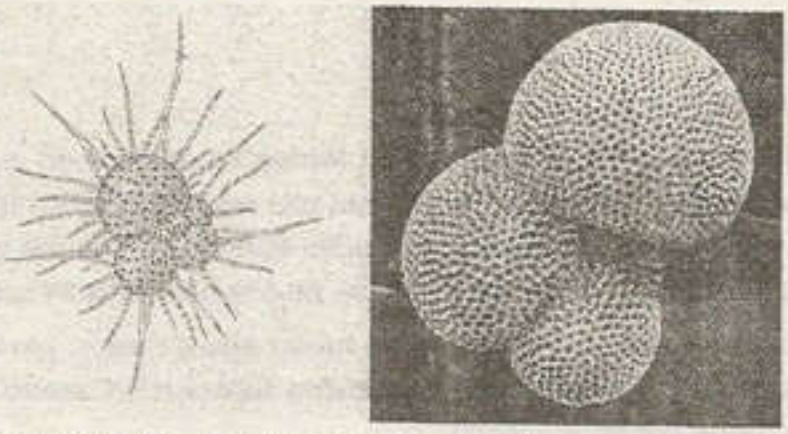
- *Amoeba proteus*. La especie más representativa de amebas de vida libre; habita en agua estancada, sobre la vegetación o superficies rocosas sobre los cuales deslizarse.
- *Entamoeba histolytica*. Es el rizópodo parásito humano más importante, vive en el intestino grueso y puede invadir la pared intestinal mediante la secreción de enzimas que la atacan. Si esto ocurre puede ocurrir una disentería amebiana grave que puede ser fatal.
- Otros. *Entamoeba coli* en intestino grueso y *Entamoeba gingivalis* en la boca, no causan daños.

Amoeba proteus

Fagocitosis usando seudópodo



Protozoos de hábitat acuático, la mayoría viven en el fondo de los océanos en cantidades increíbles. Sus células están rodeadas por tecas o caparazones arrolladas en espiral, y formadas por carbonato cálcico, aunque a veces utilizan sílice y otros materiales extraños.



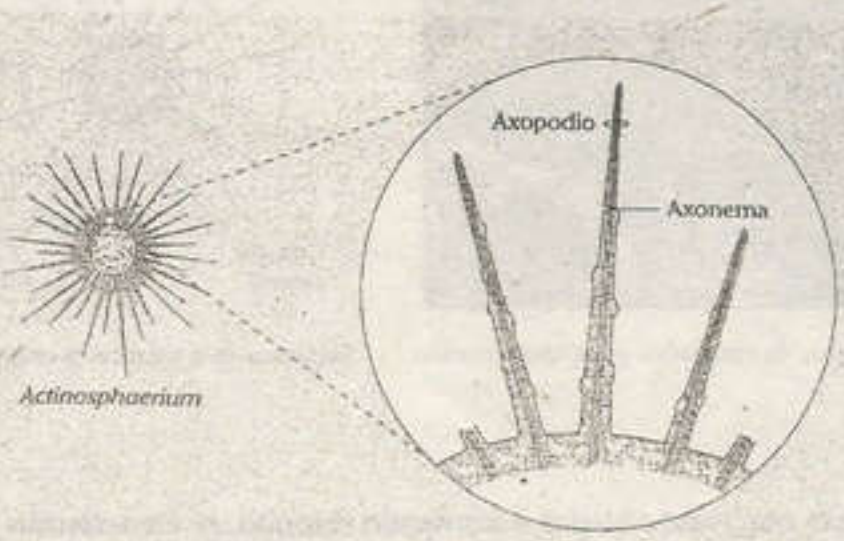
Foraminífero *Globigerina bulloides* componente del plancton en ecosistemas marinos.

Los foraminíferos emiten delgados seudópodos a través de aberturas en el caparazón, que después se ramifican y anastomosan hasta formar una red llamada reticulopodios, en la que atrapan a sus presas. En esta red se digieren las presas capturadas, y los productos de la digestión son transportados al interior por el flujo de protoplasma.

Durante millones de años, los caparazones calizos de foraminíferos muertos, principalmente del género globigerina, se acumulan en el fondo del mar formando el cieno o barro de globigerinas. Las pirámides de Egipto se construyeron con piedras extraídas de lechos calizos formados por una inmensa población de foraminíferos.

4.2. SUPERCLASE ACTINOPODOS

Organismos diminutos sumamente bellos. Todos poseen axopodios, que son seudópodos largos y muy finos, rígidos y no ramificados, debido a que presentan un eje central que penetra hasta el centro del cuerpo. Los axopodios son pegajosos para atrapar a las presas, fagocitarlas y ser transportadas por el flujo del citoplasma hasta la cápsula central para ser digeridas.



Seudópodos del tipo axopodios poseen forma alargada, soportados por varillas axiales de microtúbulos.

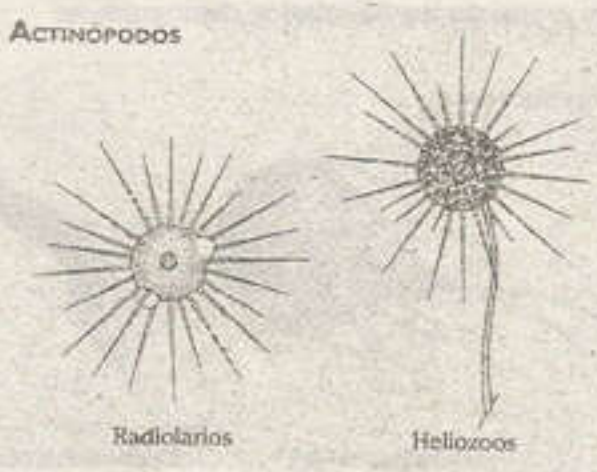
4.2.1. Heliozoos

Mayoritariamente son dulceacuícolas planctónicos, algunos bentónicos.

Son esféricos, con axopodios radiales en todas direcciones.

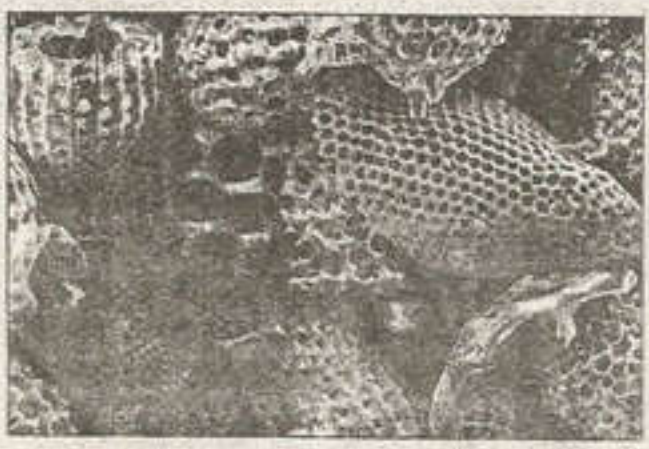
Algunos heliozoos están cubiertos por esqueletos silíceos u orgánicos de forma esférica que el organismo secreta, el cual presenta orificios a través de los cuales pasa el axopodio.

Se reproducen por fisión múltiple. Después de enquistarse en condiciones adversas, se divide en cierto número de fragmentos que, al salir del quiste, se convierten en otros tantos individuos.

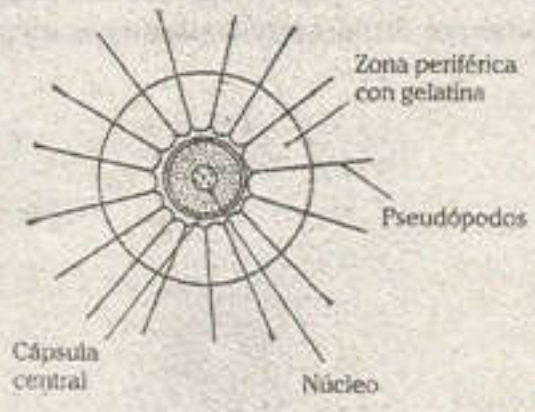


Presentes en ecosistemas marinos pelágicos (viven en aguas libres). La mayoría son planctónicos y viven en aguas costeras. Sus esqueletos altamente especializados son de formas intrincadas y de gran belleza. Una cápsula central esférica compuesta de sílice separa una zona interna del citoplasma y otra externa llamada calima, donde es posible la presencia de dinoflagelados simbióticos (zooxantelas). Los axopodios surgen en forma radial desde la superficie del cuerpo. Sus ejes de microtúbulos se originan dentro de la cápsula central y pasan a través de los poros de la cápsula central.

RADIOLARIOS



Depósito de esqueletos de radiolarios en el fondo marino



Esquema de la estructura celular de un radiolario

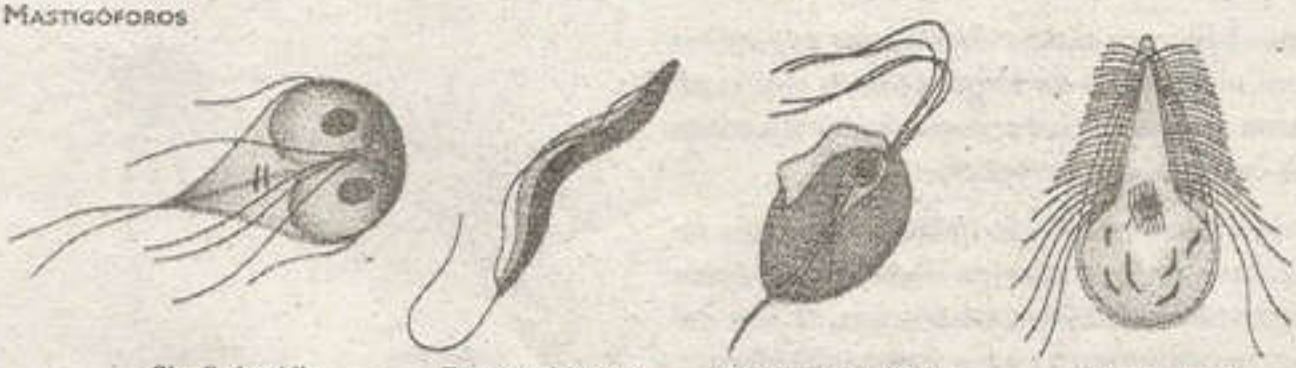
SUBFILO MASTIGÓFOROS

Protozoos unicelulares que viven aislados o formando colonias, se caracterizan por presentar uno o más flagelos usados para la locomoción y también para la captura del alimento. Los protozoos flagelados o zoomastigóforos tienen nutrición saprozoica u holozoica.

Si bien un cierto número de flagelados son acuáticos de vida libre, algunos pueden formar colonias como los coanoflagelados, la gran mayoría de ellos son simbióticos, viven asociados a otros organismos. Los flagelados simbióticos pueden ser mutualistas, comensales e incluso parásitos. Tienen reproducción asexual por fisión binaria longitudinal.

En el grupo de los flagelados distinguimos:

MASTIGÓFOROS

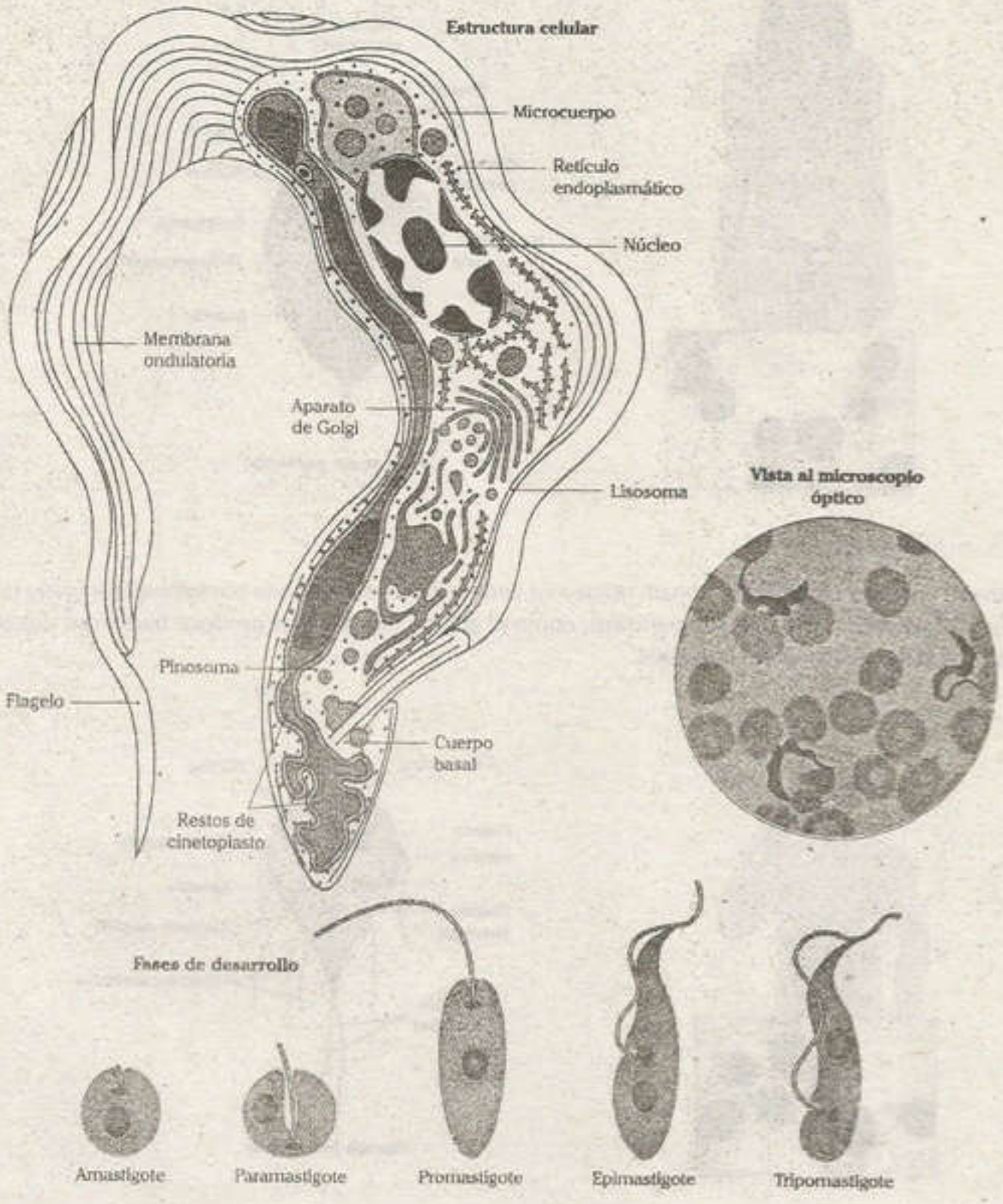


Giardia lamblia *Trypanasoma cruzi* *Trichomona vaginalis* *Trchonymphasp*

3.1. CINETOPLÁSTIDOS

Poseen una única y enorme mitocondria llamada cinetoplasto. La mayoría son parásitos que incluyen a los géneros *Trypanosoma* y *Leishmania*. Las especies del género *Trypanosoma* poseen un único flagelo anterior sujeto a toda la longitud del cuerpo por una membrana ondulante.

TRYPANOSOMA CRUZI

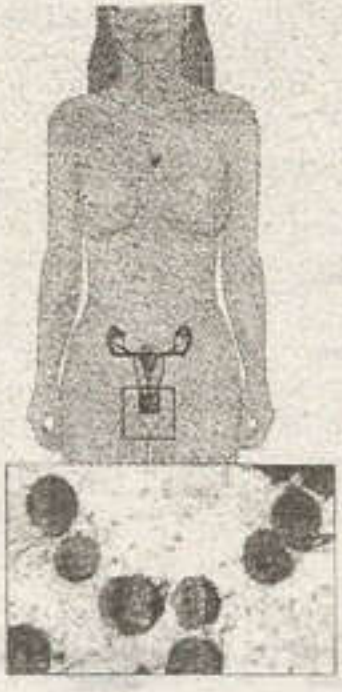


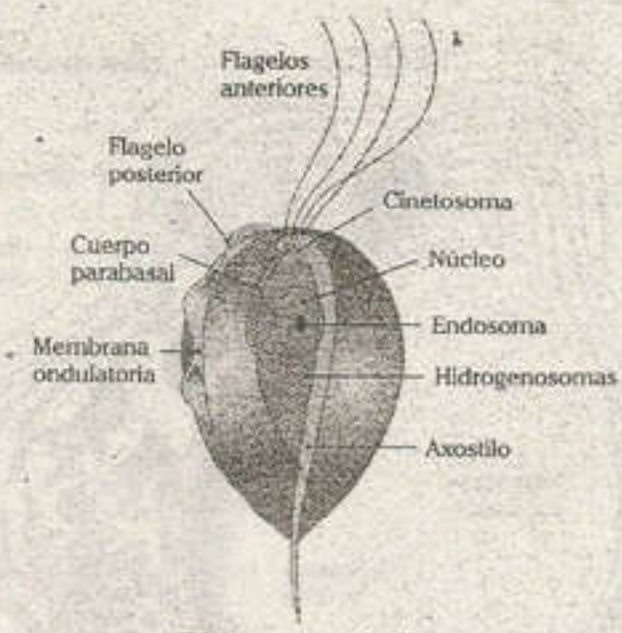
Lumbreras Editores

5.2. TRICOMONADINOS

Poseen cuatro a ocho flagelos, uno de ellos vuelto hacia atrás, a menudo formando una membrana ondulante. Especies del género *Trichomona* viven como parásitos en los aparatos urinario y reproductor del hombre y de otros animales.

TRICOMONIASIS



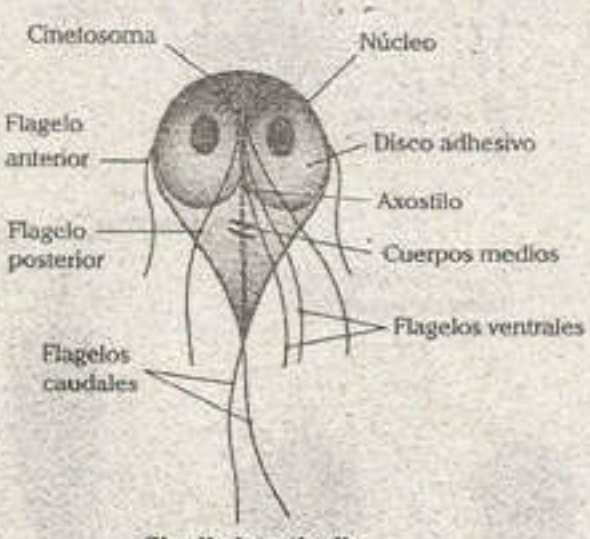


Trichomona vaginalis

5.3. DIPLOMONADINOS

Poseen una simetría bilateral con un núcleo en cada mitad, y donde cada núcleo está asociado con cuatro flagelos. La mayoría son parásitos, como el género *Giardia*, que produce trastornos digestivos como la malabsorción intestinal.

GIARDIASIS



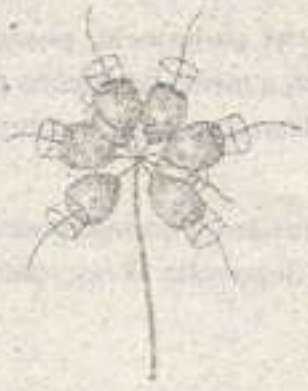
Giardia intestinalis

5.4. COANOFLAGELADOS

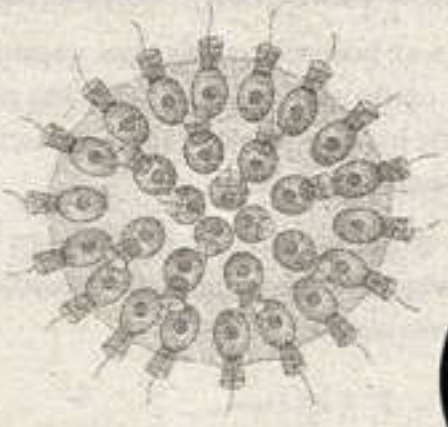
Tienen un solo flagelo rodeado por un collar de largas microvellosidades. Pueden ser solitarios o coloniales. Cada uno de los individuos de la colonia se llama zooides, y pueden ser idénticos como en el género *Codosiga*.

En el género *Proterospongia* las células con collar aparecen en la superficie de la matriz gelatinosa y las células ameboides se encuentran dentro de la matriz, una disposición que recuerda al de las esponjas, que pueden haber descendido de un ancestro coanoflagelado.

COANOFLAGELADOS



Codosiga



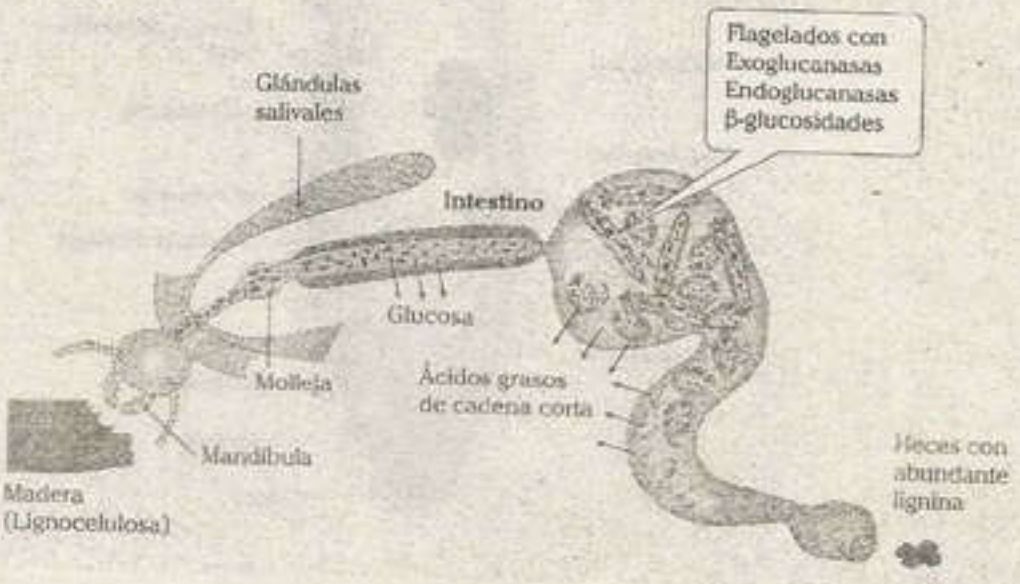
Proterospongia

5.5. HIPERMASTIGINOS

Poseen cientos de flagelos en su superficie, dispuestos en aros espirales o en hileras longitudinale Flagelados del género *Trichonympha* son simbiontes mutualistas en el intestino de termitas, capaces de digerir la celulosa; es importante para los insectos que se alimentan de madera pero que carecen de enzimas para digerir la celulosa.

TRICHONYMPHA SP.

Trichonympha sp.



A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

6. Subfilo ciliados

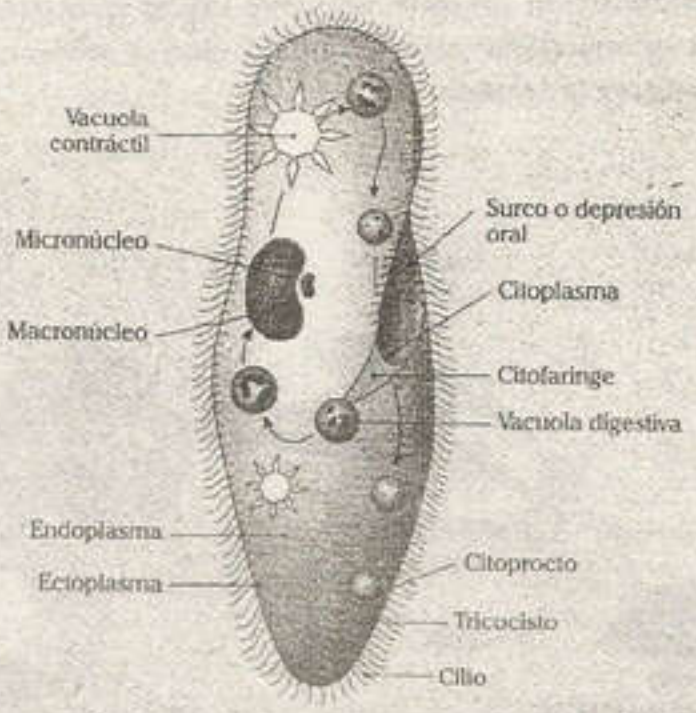
Los cilióforos poseen cilios cortos dispuestos en hileras longitudinales o diagonales que se baten de forma rítmica y coordinada para el desplazamiento del organismo. Los cilios pueden cubrir toda la superficie del organismo o estar restringidos a la región oral para facilitar su alimentación. Entre otras características en común destacan:

- Poseen una gran diversidad de formas que viven en todos los tipos de aguas dulce y marinas. Algunos sésiles y otros móviles. La mayoría son de vida libre, aunque hay algunos simbiontes comensales e incluso parásitos.
- Son los protozoos más complejos, estructuralmente, y los más diversamente especializados.
- La mayoría son holozoicos, algunas especies, como el paramecio, poseen un citostoma (boca), otras como el *Didinium* tienen una prolongación a modo de trompa para atrapar a los paramecios de los que se alimenta. Los suctores paralizan a su presa y digieren su contenido a través de tentáculos tubulares.
- Siempre son multinucleadas, con al menos un macronúcleo y un micronúcleo. El macronúcleo es responsable de las funciones metabólicas y del desarrollo. El micronúcleo participa en la reproducción sexual.

6.1. *Paramecium caudatum*

Es una especie de protozoos ciliados, muy común en las aguas estancadas, con forma aproximada a una zapatilla y de unas 25 a 50 micras de tamaño.

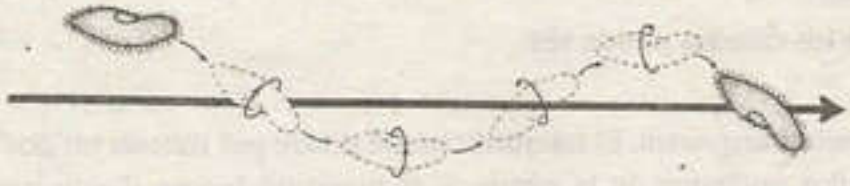
Estructura celular de *Paramecium caudatum*



6.1.1. Locomoción

Los cilios se mueven hacia atrás y determinan el avance del paramecio hacia delante. Cuando baten oblicuamente, el animal experimenta un movimiento de rotación sobre su eje longitudinal. Los cilios del surco oral baten más vigorosamente que otros, de manera que el extremo anterior se desvía en dirección aboral. El efecto combinado es un movimiento hacia delante de trayectoria espiral que, visto desde detrás, aparenta un balanceo de campana. De esta manera, el animal asimétrico puede avanzar en línea recta. Para nadar hacia atrás se invierte el movimiento de los cilios, lo mismo que el sentido de la rotación.

Si, al avanzar, el paramecio se encuentra con un estímulo químico desfavorable, el movimiento de los cilios se invierte, el animal se mueve hacia atrás en una corta distancia y luego gira según una trayectoria cónica desviando el extremo anterior en dirección aboral.



Patrón de natación espiral en *Paramecium caudatum* mediante el batir de sus cilios

6.1.2. Digestión

Paramecium se alimenta de bacterias, pequeños protozoos, algas y levaduras. El constante batir de los cilios del surco oral produce una corriente de agua con alimento hacia el citostoma (boca celular), y luego hacia un corto conducto tubular o citofaringe, que termina en el endoplasma.

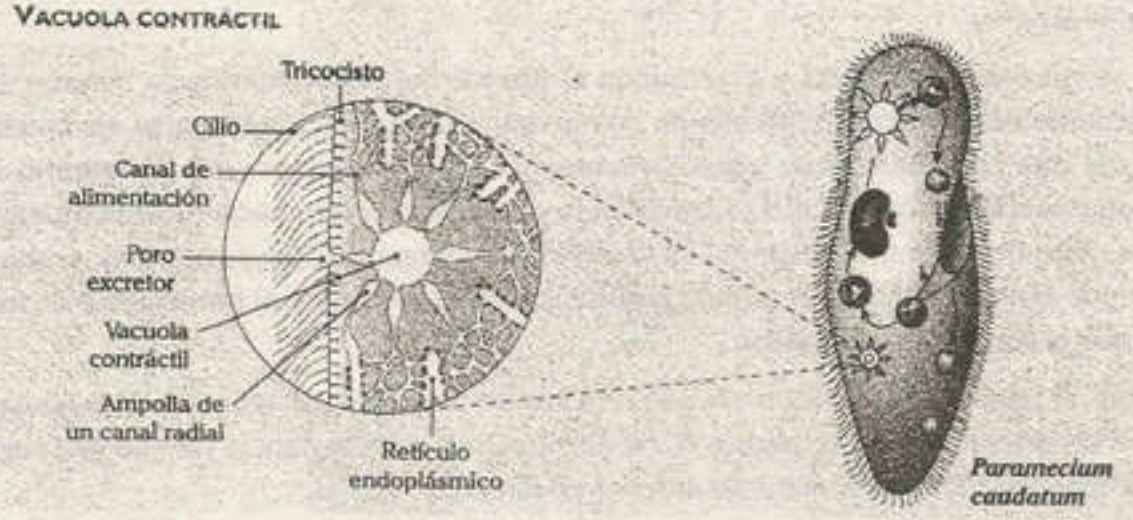
En el fondo de la citofaringe ocurre la fagocitosis formando una vacuola alimenticia, al cual los lisosomas descargan sus enzimas para realizar la digestión intracelular. Un sistema de filamentos conducen a las vacuolas digestivas por el endoplasma.

Este proceso continúa hasta que los materiales digeridos son absorbidos por el protoplasma circundante, y son almacenados o empleados para la actividad vital y el crecimiento. Las vacuolas van disminuyendo progresivamente de tamaño y los residuos indigeribles son expulsados por el citopigio (ano celular) localizado detrás de la citofaringe.

6.1.3. Excreción

Puesto que el cuerpo de *Paramecium* contiene substancias disueltas, el agua tiende a entrar a través de la membrana, que funciona como una membrana semipermeable. La función de las vacuolas contráctiles consiste en regular dicha tendencia y mantener una concentración de agua óptima en el protoplasma, eliminando su exceso.

Las vacuolas contráctiles regulan el contenido del agua del cuerpo y también pueden servir para la excreción de substancias nitrogenadas, como urea y amoníaco. El líquido del citoplasma es recogido en una serie de seis a once conductos radiales que convergen y descargan en la vacuola.

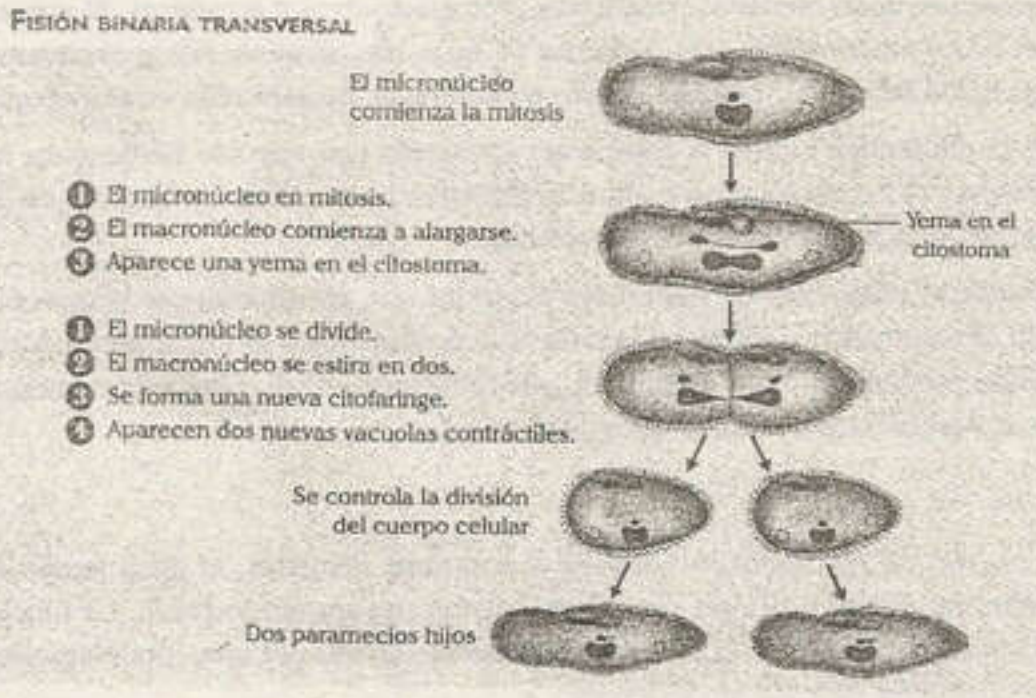


6.1.4. Reproducción

La reproducción de los ciliados puede ser:

A-exual

Mediante fisión binaria transversal. El micronúcleo se divide por mitosis en dos micronúcleos que se dirigen hacia polos opuestos de la célula, y el macronúcleo se divide transversalmente por amitosis; se forma otra citofaringe y aparecen dos nuevas vacuolas contráctiles y luego un surco transversal que divide el citoplasma en dos partes. Los dos paramecios hijos resultantes son de igual tamaño, conteniendo cada uno una dotación de orgánulos celulares. Crecen hasta su tamaño definitivo antes de que se verifique otra división.



La bipartición requiere unas dos horas para completarse y puede ocurrir de una a cuatro veces al día, produciéndose cuatro a dieciséis individuos. Todos los producidos por bipartición (reproducción uniparental) a partir de un mismo individuo reciben la denominación colectiva de clon.

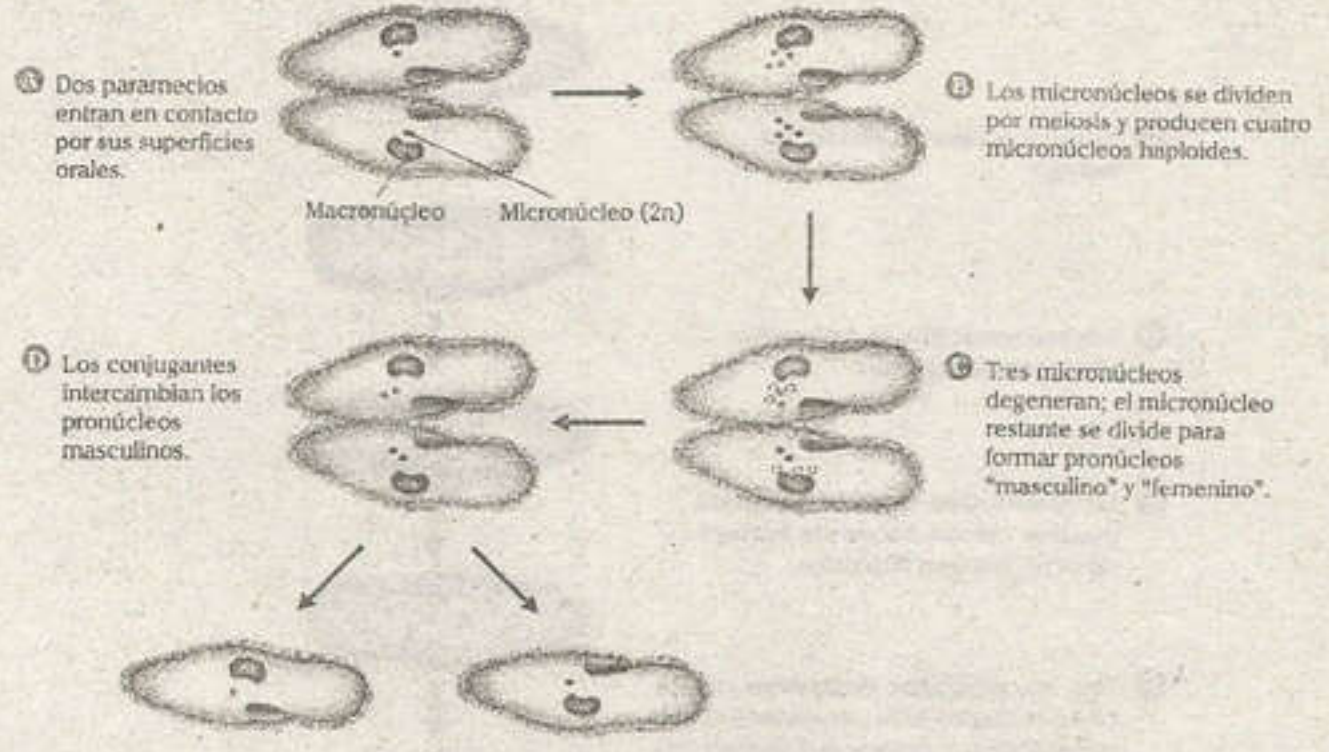
En *Paramecium* cada cierto tiempo se produce una unión temporal de individuos por parejas, para el intercambio de micronúcleos para la conjugación.

Los paramecios se hacen "pegajosos", adhiriéndose uno a otro por sus superficies orales y formándose un puente protoplasmático entre ellos.

Entonces ocurre en cada individuo una serie de cambios nucleares.

- El macronúcleo comienza a desintegrarse y, finalmente, desaparece en el citoplasma.
- El micronúcleo se divide por meiosis, formándose cuatro micronúcleos, tres de los cuales degeneran y uno de ellos se divide por mitosis para formar dos "pronúcleos" en cada animal.
- Uno de los pronúcleos es intercambiado a través del puente protoplasmático.
- Los pronúcleos se fusionan para restablecer el número diploide de cromosomas. Poco después, los dos paramecios se separan.
- Luego siguen varios sucesos nucleares adicionales, tras los cuales el paramecio puede reproducirse por fisión binaria.

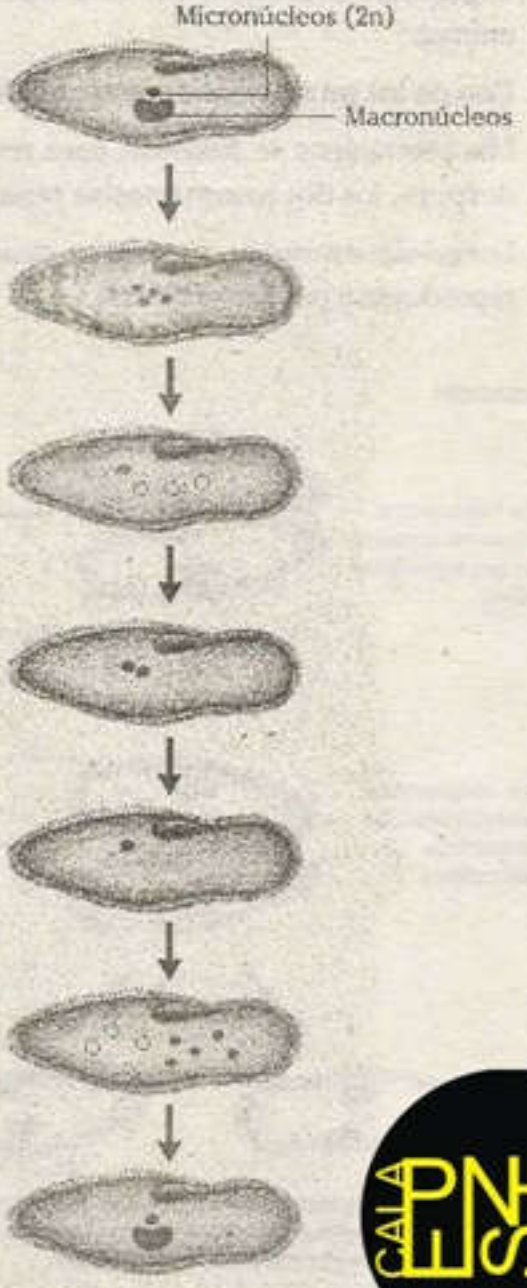
CONJUGACIÓN



Consiste en una reorganización nuclear parecida a la conjugación pero que ocurre dentro de un solo individuo. A diferencia de la conjugación, no existe un intercambio de micronúcleos.

- El macronúcleo comienza a desintegrarse y desaparece en el citoplasma.
- El micronúcleo se divide por meiosis, formándose cuatro micronúcleos, tres de los cuales degeneran y uno de ellos se divide por mitosis para formar dos "pronúcleos" en cada animal.
- Los pronúcleos se fusionan para restablecer el número diploide de cromosomas. Luego se reanuda la bipartición.

Autogamia



A El macronúcleo degenera y el micronúcleo se divide por meiosis produciendo cuatro micronúcleos haploides.

B Tres micronúcleos degeneran.

C El micronúcleo se divide por mitosis.

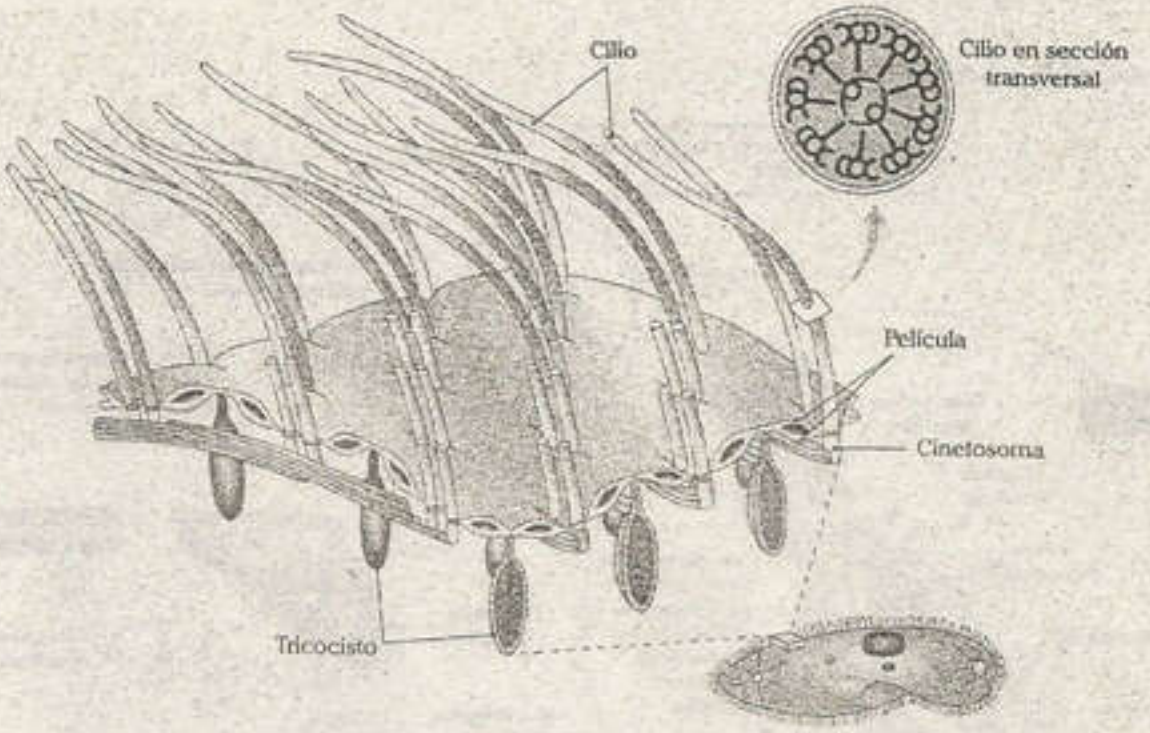
D Los micronúcleos se fusionan y recuperan la diploidía.

E El micronúcleo diploide se divide por tres mitosis sucesivas formando ocho núcleos haploides.

F Tres micronúcleos degeneran de los cinco restantes, uno permanece como micronúcleo y cuatro se fusionan formando un nuevo macronúcleo.

Algunos poseen tricocistos, corpúsculos ubicados en la base de los cilios que bajo estimulación mecánica o química lanzan, como un disparo, una estructura larga y filamentosa con fines defensivos. Los toxicistos pueden responder a los mismos estímulos expulsando veneno que paraliza a sus microdepredadores.

CILIOS Y TRICOCISTOS



▸ SUBFILO ESPOROZOARIOS

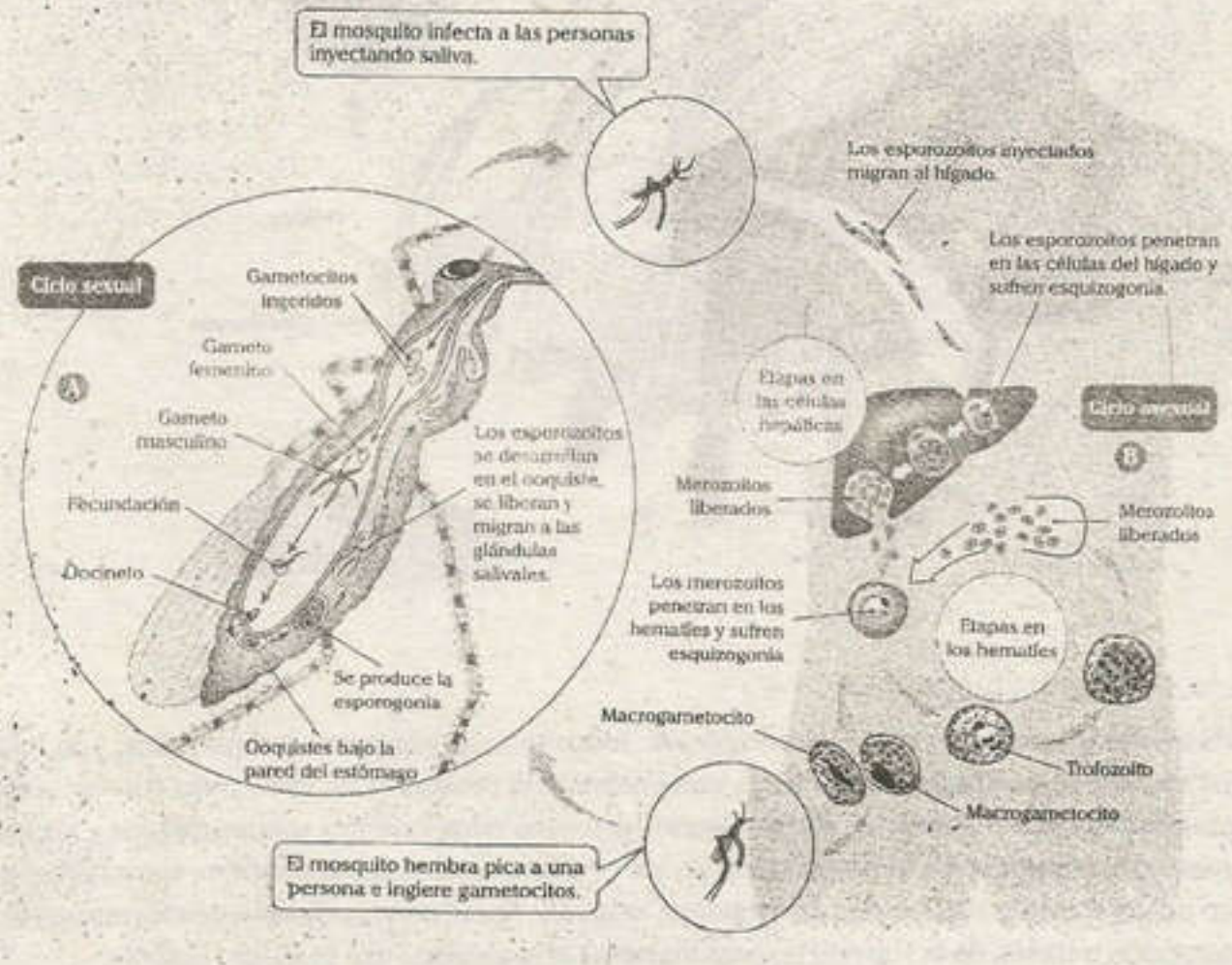
Es la clase más importante del filo apicomplejos. Todos los esporozoarios son parásitos, con hospederos en muchos animales distintos. Es característica la presencia de una cierta combinación de orgánulos llamada el complejo apical, algunos de cuyos componentes son las roptrias y los micronemas que contribuyen a la penetración en las células o tejidos del hospedero. Generalmente carecen de orgánulos locomotores, sin embargo, delgadas fibras contráctiles pueden formar ondas de contracción a través de la superficie, para impulsar el organismo por el medio líquido.

ESTRUCTURA CELULAR DE *PLASMODIUM SP.*

En la reproducción de los esporozoarios, como el género *plasmodium* causante de la malaria, se alterna un ciclo asexual con otro sexual.

- La fase asexual ocurre en el hombre, mediante fisión múltiple (esquizogonia) en células del hígado y eritrocitos.
- La reproducción sexual (esporogonia) ocurre en un insecto: en el mosquito *Anopheles hembra*, quien al picar a una persona le inocula los parásitos en estadio de esporozoíto.

CICLO VITAL DE *PLASMODIUM SP.*



- GÓMEZ MARIN, Jorge Enrique. *Protozoología médica: protozoos parásitos en el contexto latinoamericano*. México: Editorial El Manual Moderno, 2010.
- HICKMAN, Cleveland; ROBERTS, Larry; LARSON, Allan; l'ANSON, Helen y David EISENHOUR. *Principios integrales de zoología*. Decimotercera edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- WESTPHAL, A. *Zoología especial. Protozoos*. Primera edición. Barcelona: Ediciones Omega, 1977.

LECTURA

Hallado el ancestro común de animales y protozoos

Los científicos acostumbran a representar la evolución de los seres vivos con un gráfico en forma de árbol, llamado cladograma, en que las ramas acaban convergiendo en un solo tallo, donde se sitúa un organismo hipotético al que se conoce como Último Antepasado Común Universal o, por sus siglas en inglés, LUCA. Los científicos estiman que LUCA vivió en la Tierra hace unos 3500 millones de años.

Lo que un equipo de investigadores ha encontrado en China no es el LUCA, pero sí uno de sus descendientes, patriarca a su vez de una gran familia muy diversa que comprende a todos los animales y todos los protozoos. En otras palabras, es el lejano abuelo común que usted comparte con, por ejemplo, el parásito de la malaria, y que vivió hace 570 millones de años.

En 1998 llegó la respuesta, cuando el estudio de la formación rocosa de Doushantuo, en el sur de China, reveló un conjunto de microfósiles que parecían embriones. Su edad los situaba como los animales más tempranos. Pero al parecer, la interpretación de aquellos fósiles estaba equivocada. Uno de los autores del estudio que hoy publica *Science*, el británico John Cunningham, de la Universidad de Bristol, explica: "Hemos usado un acelerador de partículas llamado sincrotrón como fuente de rayos X. Nos permitió hacer un perfecto modelo digital del fósil que podíamos cortar de la manera que quisiéramos, pero sin dañarlo". Así, las estructuras celulares que observaron los investigadores indicaban que no se trataba de embriones de animales, sino de algo más primitivo.

A la luz de los rayos X se veían las células individuales agrupadas en pelotas, que quedaron fosilizadas gracias a los sedimentos ricos en fosfato que las envolvieron. "Se han conservado hasta sus núcleos", apunta la coautora de la Universidad de Estocolmo, Therese Huldtgren. Lo que allí se veía eran células parecidas a amebas que se habían dividido para dar lugar a dos células, luego cuatro, ocho y así sucesivamente, hasta originar cientos de miles de células similares a esporas. Pero los animales no forman esporas.

La clave, según los científicos, está en que los fósiles de Doushantuo fusionan rasgos de animales y protozoos. Por tanto, se trata de antecesores comunes a ambos. Otro de los autores, Philip Donoghue, de la Universidad de Bristol, advierte: "Fue una sorpresa [...] Mucho de lo escrito sobre estos fósiles en los últimos diez años es erróneo".

http://sophimania.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=1956:hallan-fosil-de-ancestro-comun-entre-seres-microscopicos-y-animales&catid=125&Itemid=727

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Los trofozoítos de las amebas son

A) la forma de resistencia.
B) inmóviles.
C) la forma infectante.
D) la forma que se reproduce.
E) mucho más pequeños que los quistes.

Resolución

Los protozoos se pueden encontrar en forma de trofozoíto o en forma de quiste. El trofozoíto es la forma donde los protozoarios llevan a cabo su actividad de nutrición y crecimiento. La exposición a condiciones ambientales adversas favorece el proceso de enquistamiento, donde adquieren una forma de resistencia denominada quiste, rodeada por una cubierta proteica y metabólicamente inactiva.

Rpta.: D

Pregunta 2

Qué fase de *Entamoeba histolytica* es responsable de la amebiosis extraintestinal.

A) trofozoíto
B) quiste
C) embrión
D) huevos
E) quistes inmaduros

Resolución

A la amebiosis intestinal le sucede la forma extraintestinal, en la que el órgano más afectado por la *Entamoeba histolytica* es el hígado. La forma de presentación más común es el absceso hepático, que ocurre en hasta 5% de los pacientes con amebiosis intestinal sintomática. Raramente la ameba también puede formar abscesos en el pulmón o en el cerebro. La forma amebiana que atraviesa el intestino y migra a otros órganos es el trofozoíto y se desplaza mediante seudópodos.

Rpta.: A

Pregunta 3

Los protozoarios que carecen de locomoción son clasificados como

A) sarcodinos.
B) esporozoos.
C) ciliados.
D) mastigóforos.
E) rizópodos.

Resolución

Los esporozoos son parásitos con una fase de esporulación (división múltiple) y sin mayor movilidad. El ejemplo más conocido es el plasmodio (género *Plasmodium*), causante de la malaria y que pertenece al grupo de los apicomplejos, grupo más conocido con el nombre de *Sporozoa*.

Rpta.: B

Pregunta 4

El único ciliado patógeno para el hombre es

A) *Balantidium coli.*
B) *Paramecium caudatum.*
C) *Leishmania braziliensis.*
D) *Plasmodium vivax.*
E) *Stentor sp.*

Resolución

Balantidium coli es el único protozoo parásito ciliado importante en patología humana. Es el de mayor tamaño que coloniza el intestino humano, responsable de cuadros diarréicos, que pueden confundirse con la disentería amebiana producida por *Entamoeba histolytica*.

Rpta.: A

Lumbreras Editores

Pregunta 5

El *Paramecium* es un protozoo ciliado, cuya forma de reproducción asexual se da por

A) fisión binaria longitudinal.
B) fisión binaria transvera.
C) esporulación.
D) conjugación.
E) autogamia.

Resolución

Los *Paramecium* se reproducen solo por fisión binaria transversa. En esta forma de reproducción, el micronúcleo se divide mitóticamente en dos micronúcleos hijos, que se desplazan hasta extremos opuestos de la célula. El micronúcleo se alarga y se divide amitóticamente.

Clave: B

Pregunta 6

En protozoarios de agua dulce, la vacuola contráctil cumple una función, principalmente,

A) digestiva.
B) osmorreguladora.
C) defensiva.
D) de motilidad.
E) de almacenar desechos metabólicos.

Resolución

Las vacuolas contráctiles son organelas con función osmorreguladora en protozoos que habitan en un ambiente hipotónico, como el agua dulce. El exceso de agua al ingresar por ósmosis al interior del protozoo es captada y expulsada al exterior por la vacuola contráctil. En protozoos marinos esto no ocurre debido a que el ambiente es hipoosmótico respecto al interior celular.

Clave: B

Pregunta 7

Respecto a los mecanismos de recombinación genética en ciliados, en la autogamia, a diferencia de la conjugación,

A) participan micronúcleos.
B) existe intercambio de micronúcleos.
C) participan dos individuos.
D) existe transferencia de plásmidos.
E) participa un solo individuo.

Resolución

Durante la conjugación en *Paramecium* cada cierto tiempo se produce una unión temporal de individuos por parejas, para el intercambio de micronúcleos; sin embargo, durante la autogamia no existe un intercambio de micronúcleos en un solo individuo, los micronúcleos se dividen por meiosis y algunos de ellos se fusionan reorganizando su material genético.

Clave: E

Pregunta 8

La alimentación mediante la absorción superficial de nutrientes del medio se denomina

A) heterotrofía.
B) fagocitosis.
C) pinocitosis.
D) osmotrofía.
E) holozoica.

Resolución

La forma más simple de alimentación en protozoos es de tipo osmótrofa, consiste en la incorporación de sustancias orgánicas disueltas en el medio donde viven, a través de su membrana. Otro procedimiento es la fagocitosis, que consiste en la incorporación de partículas sólidas de tamaño considerable. Por último, algunos protozoos se alimentan por pinocitosis, similar a la fagocitosis, del que se diferencia porque el tamaño de las partículas ingeridas es menor.

Clave: D

Lumbreras Editores

Pregunta 9

Grupos de protozoarios con reproducción sexual:

A) amebas y esporozoos.
B) amebas y flagelados.
C) ciliados y esporozoos.
D) solo esporozoos.
E) solo ciliados.

Resolución

La reproducción sexual es realizada por ciliados y esporozoarios. Los ciliados se reproducen sexualmente por conjugación, mediante el intercambio y fusión de micronúcleos; mientras la reproducción sexual en esporozoarios considera procesos como la fecundación de gametos y posterior esporulación con meiosis.

Clave C

Pregunta 10

La fecundación en *Plasmodium*, de acuerdo al tipo de gametos, es clasificada como

A) singamia.
B) autogamia.
C) anisogamia.
D) isogamia.
E) oogamia.

Resolución

La fecundación en *Plasmodium* ocurre en el estómago del mosquito *Anopheles*; y de acuerdo al tipo de gametos es de tipo oogámica, ya que los gametos masculinos son móviles y de tamaño pequeño, mientras que los gametos femeninos son de gran tamaño e inmóviles, al estar desprovistos de flagelos.

Clave E

Pregunta 11

En el ciclo de la malaria, el proceso de formación de merozoítos en las células del hígado y eritrocitos se denomina

A) fisión binaria.
B) esporogonia.
C) esquizogonia.
D) gametogonia.
E) bipartición.

Resolución

El proceso de reproducción asexual denominado esquizogonia ocurre por segmentación o divisiones múltiples tanto en los hepatocitos como en los eritrocitos.

Clave C

Pregunta 12

La forma activa de un parásito es denominada

A) espora.
B) esporozoíto.
C) quiste.
D) trofozoíto.
E) merozoíto.

Resolución

Durante su ciclo biológico, muchos parásitos pasan por dos fases o estados, uno trofozoíto y otro quístico. Los trofozoítos son las formas activas de un parásito, adaptadas a la vida parasitaria en los tejidos y cavidades orgánicas de sus hospedadores. Bajo esta forma activa que se desarrolla y multiplica en el organismo de un hospedador, los trofozoítos son incapaces de resistir las condiciones del medio externo, salvo que su paso de un hospedador a otro sea favorecido por un contacto directo, en ocasiones venéreo (*Trichomona vaginalis*).

Clave D

Pregunta 13

Protozoarios con alternancia de generaciones durante su ciclo biológico.

A) sarcodinos
B) mastigóforos
C) esporozoos
D) ciliados
E) foraminíferos

Lumbreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Resolución

En el ciclo biológico de los apicomplexa o esporozoos existe una alternancia de generaciones que se multiplican asexualmente con otras que lo hacen mediante un proceso sexual. La fase asexual ocurre en las células del hospedero, con la multiplicación del parásito mediante fisión múltiple; mientras la fase sexual en las células del hospedero con fecundación y esporulación, formando esporozoítos que serán transferidos al nuevo hospedero.

Clave C

Pregunta 14

Elemento presente en ciliados, reservado para la reproducción por conjugación.

A) plásmido
B) macronúcleo
C) pili sexual
D) micronúcleo
E) fimbria

Resolución

El micronúcleo es diploide y está implicado en la herencia y la reproducción sexual. La conjugación es un proceso de reproducción sexual que ocurre en ciliados, en ella participan los micronúcleos. En el proceso de conjugación se produce una meiosis y un posterior intercambio de información genética entre dos individuos que se han fusionado para este proceso. La conjugación en ciliados es distinta al de procariotas, ya que en bacterias consiste en la transferencia de plásmido.

Clave D

Pregunta 15

Indique el género de protozoarios de vida libre.

A) *Leishmania*
B) *Tripanosoma*
C) *Giardia*
D) *Paramecium*
E) *Plasmodium*

Resolución

El *Paramecium caudatum* es un protozoario ciliado de vida libre, habita en ecosistemas acuáticos cargados de materia orgánica. El resto de protozoos son parásitos, causantes de enfermedades.

Genero	Enfermedades
Leishmania	Uta y espundia
Tripanosoma	Mal de Chagas, enfermedad del sueño
Lutzomyia	Malabsorción intestinal
Plasmodium	Paludismo o malaria

Clave D

Pregunta 16

Indique la especie de ameba que es parásita y causa una forma de disentería.

A) *Entamoeba coli*
B) *Entamoeba gingivalis*
C) *Endolimax nana*
D) *Entamoeba histolytica*
E) *Amoeba proteus*

Resolución

Desde un punto de vista ecológico, hay especies de ameba que son de vida libre y otras que son parásitos de animales. En patología humana son importantes ambos grupos. Entre las parásitas destacan aquellas que parasitan el tracto gastrointestinal. Las especies *Entamoeba coli*, *Entamoeba gingivalis* y *Endolimax nana* no son patógenas, mientras *Entamoeba histolytica* sí es patógena y causa disentería amebiana en humanos.

Clave D

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Los protozoarios son organismos

A) procariotas.
B) eucariotas.
C) inmóviles.
D) macroscópicos.
E) fotosintéticos.

2. Los protozoos sarcodinos agrupan a los(las)

A) suctorios.
B) flagelados.
C) amebas.
D) paramecios.
E) coanoflagelados.

3. En el subfilo sarcodina se encuentran situados los protozoos

A) móviles por flagelo.
B) móviles por cilios.
C) móviles por emisión de seudópodos.
D) móviles por deslizamiento.
E) inmóviles.

4. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es falsa respecto a las amebas?

A) Se alimentan por fagocitosis.
B) Carecen de forma definida.
C) Las estructuras internas no ocupan una posición correcta.
D) Todas son parásitos de animales.
E) Se reproducen por fisión binaria.

5. ¿Cuál de las siguientes amebas es patógena para el hombre?

A) *Iodamoeba bütschlii*
B) *Endolimax nana*
C) *Entamoeba histolytica*
D) *Entamoeba coli*
E) *Entamoeba gingivalis*

6. La presencia de formaciones amebianas con hematíes en su interior, es un indicativo de

A) trofozoíto de *Entamoeba coli*.
B) trofozoíto de *Entamoeba histolytica*.
C) trofozoíto de *Entamoeba gingivalis*.
D) quiste de *Entamoeba coli*.
E) quiste de *Entamoeba histolytica*.

7. El protozoo causante de la malaria, puede transmitirse al hombre

A) por inhalación.
B) por ingestión.
C) por contacto.
D) a través de vectores.
E) por acto sexual.

8. Los trofozoítos de *Entamoeba histolytica* se reproducen por

A) fisión binaria.
B) conjugación.
C) esquizogonia.
D) fisión múltiple.
E) autogamia.

9. Los protozoos ciliados

A) constituyen el grupo de protozoos más numeroso en la naturaleza.
B) son de tamaño muy variable.
C) normalmente tienen forma ovalada.
D) poseen dos núcleos de diferente tamaño.
E) en su mayoría son ectoparásitos.

Lumbreras Editores

10. El único ciliado patógeno para el hombre es

A) *Paramecium aurelia.*
B) *Paramecium caudatum.*
C) *Balantidium coli.*
D) *Stentor sp.*
E) *Vorticella sp.*

11. Cuál de los siguientes protozoos carece de fase de quiste.

A) *Giardia intestinalis*
B) *Balantidium coli*
C) *Acanthamoeba sp.*
D) *Trichomona vaginalis*
E) *Entamoeba histolytica*

12. El cinetoplasto es

A) una estructura membranosa que recorre y envuelve el cuerpo de los protozoos flagelados.
B) un bastoncillo central de sostén de protozoos flagelados.
C) un orgánulo situado en la base de implantación del flagelo formado a partir de mitocondrias modificadas.
D) el cuerpo basal.
E) el orgánulo que parte desde el axostilo.

13. Los protozoos flagelados observados en el exudado vaginal de una mujer con síntoma de vulvovaginitis, pertenecerían a la especie

A) *Giardia lamblia.*
B) *Trichomonas vaginalis.*
C) *Balantidium coli.*
D) *Tripanosoma cruzi.*
E) *Leishmania braziliensis.*

14. En las clasificaciones clásicas, los flagelados pertenecen a

A) ciliados.
B) apicomplejos.
C) mastigóforos.
D) sarcodinos.
E) foraminíferos.

15. Es el grupo de protozoos que posee uno o más flagelos.

A) mastigóforos
B) sarcodinos
C) cilióforos
D) esporozoos
E) apicomplejos

16. Protozoarios con seudópodos muy finos que emergen radialmente.

A) amebas
B) foraminíferos
C) radiolarios
D) mastigóforos
E) esporozoos

17. Protozoos formadores de seudópodos en forma de retículos.

A) amebas
B) foraminíferos
C) radiolarios
D) mastigóforos
E) esporozoos

18. Género de protozoos flagelados simbiontes, que habitan en el intestino de termitas.

A) *Trypanosoma*
B) *Trichonympha*
C) *Plasmodium*
D) *Leishmania*
E) *Paramecium*

Lumbreras Editores

19. Organela que participa en la producción de ATP en flagelados.

A) mesosoma
B) cinetoplasto
C) blefaroplasto
D) seudópodos
E) membrana ondulante

20. La reproducción sexual por reorganización nuclear o autogamia ocurre en

A) amebas.
B) ciliados.
C) flagelados.
D) esporozoos.
E) foraminíferos.

21. La fase sexual del ciclo del *Plasmodium* ocurre en el ..... ; la fase en que se inocula al hombre durante la picadura se denomina .....

A) hombre - esporozoito
B) mosquito *anopheles* - merozoito
C) hombre - merozoito
D) mosquito *anopheles* - esporozoito
E) hombre - gametocito

22. Durante el ciclo de vida del *plasmodium vivax*, el proceso de fecundación ocurre en

A) el eritrocito.
B) el hígado.
C) el intestino del mosquito.
D) la glándula salival del mosquito.
E) el plasma sanguíneo.

23. Desde el punto de vista nutricional, los protozoarios son clasificados como

A) quimiolitótrofos.
B) fotolitótrofos.
C) quimioorganótrofos.
D) fotoorganótrofos.
E) simbiontes.

24. Protozoarios componentes del zooplancton en ecosistemas marinos.

A) radiolarios
B) paramecios
C) euglenas
D) heliozoos
E) amebas

Lumbreras Editores

GELMER FÉLIX QUIVIO GÓMEZ

twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO VII

ALGAS

Objetivos:

- Definir las características generales de las algas.
- Caracterizar los grupos taxonómicos más distintivos que integran a las algas.
- Describir las algas de mayor importancia económica.

Introducción

Las algas que integran el reino protista constituyen un grupo muy diverso de organismos, están provistos de diferentes pigmentos fotosintéticos en cromoplastos de forma, número y posición variados. Su diversidad se manifiesta en varios niveles, que comprenden los caracteres celulares, morfológicos y reproductivos.

Con relación a su diversidad morfológica comprenden formas unicelulares y pluricelulares. La diversidad morfológica de las algas tiene similar paralelo con los variados hábitats donde están presentes estos organismos: desiertos cálidos, suelos húmedos, agua dulce y salobres, en la nieve, las aguas termales, ambientes marinos como formas planctónicas y bentónicas y en relación con organismos vegetales y animales diversos.

Las algas cumplen un rol importante en la naturaleza como productores primarios de materia orgánica, intervienen en la cadena trófica de muchos organismos heterotróficos, el ejemplo lo constituyen el fitoplancton en los océanos. Las algas también son usadas en la alimentación humana, como son los casos de los géneros *Porphyra* y *Laminaria*, que son cosechadas directamente de poblaciones naturales o son cultivadas exitosamente según modernas tecnologías en las alturas.

En el presente capítulo estudiaremos a las algas, organismos vegetales de origen polifilético y muy diverso, que cumplen un papel importante en el sustento de los organismos marinos y dulceacuícolas.

En la industria, las algas tienen un gran valor, son fuente de algina, un ficocoloide versátil descubierto a comienzos del año 1880. La algina (ácido algénico) está presente en todas las algas pardas, principalmente en *Laminaria* y *Macrocystis*. Las cualidades de la algina como estabilizante, espesante y emulsificante lo hacen útil en la industria de los helados, farmacéutica, textil y en cervecería como clarificante. Para satisfacer la gran demanda de alginatos y algina por parte de la industria, existe mucho interés en el cultivo intensivo de estas algas.

1 Características generales

Todos los filos de algas comparten varios caracteres que los unifican:

- Por lo general, todas las algas contienen clorofila a.
- Por otra parte, el oxígeno es un producto secundario de la fotosíntesis que realizan.
- Las algas también se caracterizan por tener estructuras reproductivas sexuales unicelulares; los gametos no están rodeados por ninguna capa de células estériles protectoras.
- Las algas carecen de un tejido vascular compuesto por células especializadas encargadas de conducir agua y materia alimenticia al interior de su talo. No obstante, las algas marinas sí desarrollan un tejido similar al floema.

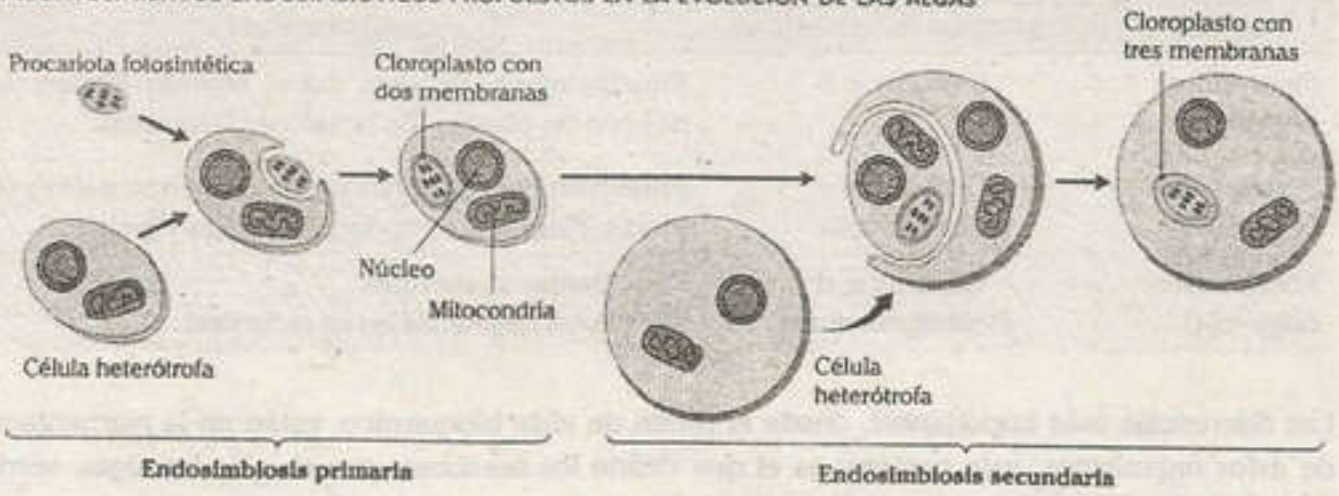
2 Evolución

La endosimbiosis desempeñó un papel clave en la evolución de las algas. La teoría endosimbiótica propone que algunos orgánulos, incluidos las mitocondrias y los cloroplastos, son resultado de la endosimbiosis, un proceso mediante el cual una célula ingiere a otra. El número de membranas que rodea a los cloroplastos en diferentes filos de algas sugiere que estos orgánulos experimentaron entre uno y tres acontecimientos endosimbióticos diferentes. En las algas rojas y las algas verdes, los cloroplastos están rodeados por dos membranas: una membrana interna, que originalmente rodeaba a un procariota fotosintético, y una membrana externa, que deriva de la vacuola digestiva de una célula heterótrofa que engulló al procariota. Este acontecimiento endosimbiótico inicial es referido como **endosimbiosis primaria**.

En otros dos filos de algas, los euglenoides y la mayoría de los dinoflagelados, los cloroplastos están rodeados por tres membranas. La explicación más probable para que existan estos cloroplastos con tres membranas es que son productos de una **endosimbiosis secundaria**: un alga que contiene un cloroplasto rodeado por dos membranas fue ingerida por una célula heterótrofa. De acuerdo con esta explicación, la mayor parte del alga fue digerida en el interior de la vacuola digestiva de la célula heterótrofa, pero el cloroplasto del alga subsistió y se convirtió en un endosimbionte. La membrana más externa del cloroplasto deriva de la vacuola digestiva. Posee ribosomas incrustados, pues durante un tiempo la vacuola digestiva estuvo asociada al retículo endoplásmico (RE) de la célula heterótrofa. En consecuencia, la membrana más externa del cloroplasto se conoce como el **RE del cloroplasto**.

Muchas otras algas, incluidas las algas pardas, poseen cloroplastos rodeados por cuatro membranas. Estos cloroplastos podrían haber resultado de un tercer acontecimiento endosimbiótico como los dos primeros, y en el proceso se adquirió una nueva membrana derivada de la vacuola digestiva. De manera alternativa su historia evolutiva podría incluir solo dos acontecimientos endosimbióticos. En este escenario, la membrana plasmática del alga ingerida se mantuvo intacta dentro de la vacuola digestiva y se convirtió en la tercera membrana del cloroplasto, mientras que la membrana de la vacuola digestiva se convirtió en la cuarta membrana del cloroplasto.

ACONTECIMIENTOS ENDOSIMBIÓTICOS PROPUESTOS EN LA EVOLUCIÓN DE LAS ALGAS



A primera vista poseer membranas extras en el cloroplasto podría parecer un inconveniente, pues estas imponen barreras adicionales que los substratos y los productos han de atravesar en su movimiento, entre el interior de un cloroplasto y el citoplasma. No obstante, se sugiere que el espacio entre la segunda membrana del cloroplasto y el RE del cloroplasto es ácido; por tanto, su contenido en dióxido de carbono disuelto es elevado. Si este fuera el caso, el RE del cloroplasto promovería entonces la actividad del ciclo del Calvin dotando de un nivel mayor de producción de glucosa y, consecuentemente, de una ventaja selectiva a las células de algas con tres o cuatro membranas de cloroplastos.

Los investigadores están realizando estudios moleculares para determinar las relaciones evolutivas dentro de los filos de algas y entre las algas y las plantas. Una reclasificación trasladaría a las algas verdes y las algas rojas del reino protista al plantae. Otra crearía un nuevo reino denominado *Viridiplantae*, consistente en las algas verdes y las plantas. Incluso una tercera situaría una clase de algas verdes (*Charophyceae*) y las plantas en otro nuevo reino, *Streptophyta*.

CLASIFICACIÓN

Los filos que integran las algas están determinados con base en criterios bioquímicos, morfológicos y citológicos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS FILOS DE ALGAS

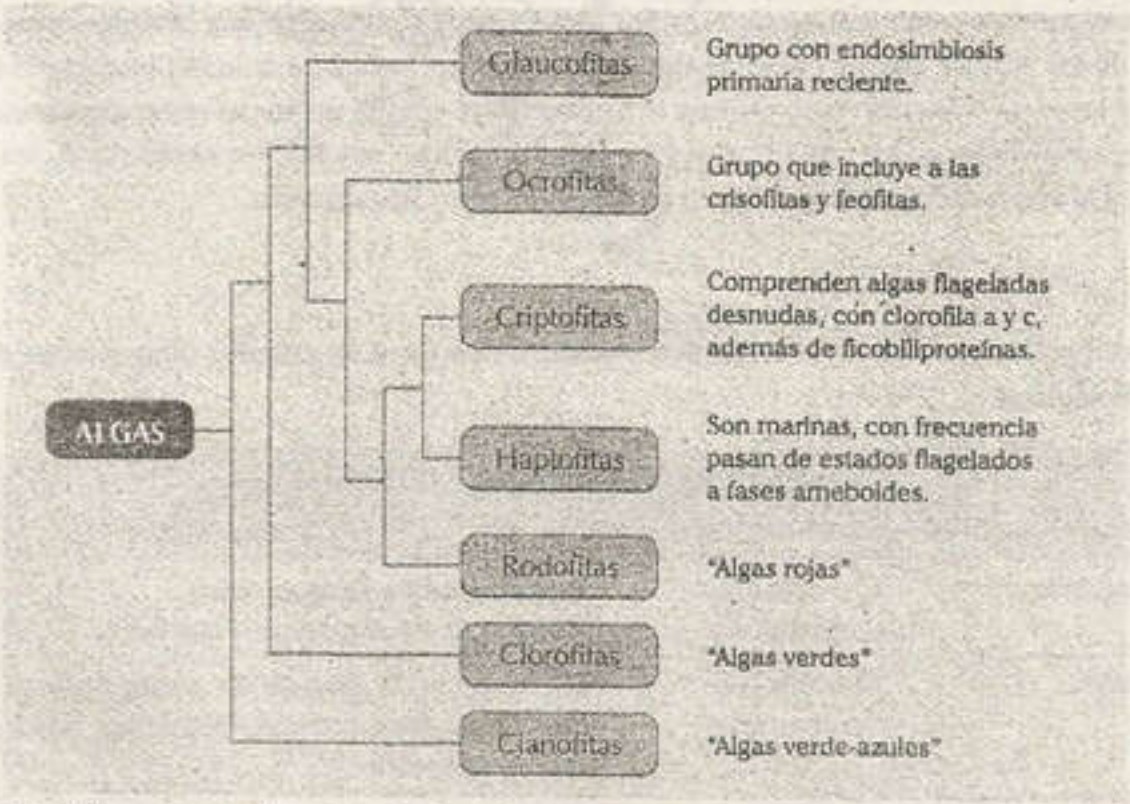
Filo	Pigmentos fotosintéticos	Características
Euglenophyta	Clorofila a, b Carotenoides	Principalmente de agua dulce. Algunas no fotosintéticas. Flageladas.
Pyrrophyta	Clorofila a, c Carotenoides	Fitoplancton de agua cálida salada y dulce. Algunas no fotosintéticas. Flageladas. Algunas producen neurotoxinas.
Chrysophyta	Clorofila a, c Carotenoides	Fitoplancton marino y de agua dulce. Las diatomeas con paredes celulares de sílice.

Lumbreras Editores

CARACTERÍSTICAS DE LOS FILOS DE ALGAS

Filo	Pigmentos fotosintéticos	Características
Chlorophyta (algas verdes)	Clorofila a, b	Principalmente de agua dulce. Algunas emparentadas con las plantas. En ocasiones flageladas.
Phaeophyta (alga parda)	Clorofila a, c Fucoxantina	Principalmente en zonas marinas intermareales y someras. Flageladas. Producen esporas y gametos.
Rhodophyta (alga roja)	Clorofila a, d Ficobiliproteínas	Principalmente marinas. Sin células flageladas en su ciclo vital.

Las diferencias más importantes, desde el punto de vista bioquímico, están en la pigmentación de estos organismos; este carácter es el que define los nombres comunes de las algas: verdes, pardas y rojas. Además de la clorofila a, las algas contienen otras clorofilas, así como carotenoides (carotenos y xantofilas), que son pigmentos liposolubles de colores desde amarillo hasta naranja, y ficobiliproteínas (ficocianina y ficoeritrina), que son pigmentos hidrosolubles con tonalidades azules o rojas. Los diferentes grupos de algas presentan diversas modificaciones de estos pigmentos, lo cual conforma un criterio más completo para la separación taxonómica de las algas. También se emplean otras diferencias bioquímicas en la clasificación de las algas, incluyendo la forma del material alimenticio de reserva y la composición de la pared celular. Por último, las clasificaciones están apoyadas por la genética molecular y, en especial, la interpretación de las secuencias de bases del ARN ribosómico del cloroplasto.

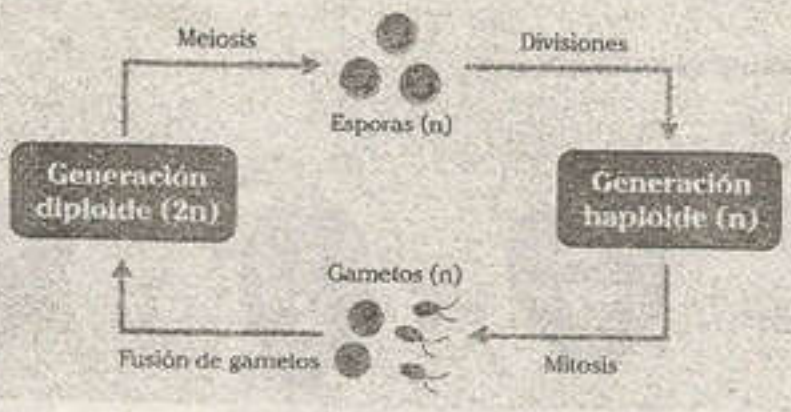


Árbol filogenético de las principales algas obtenido a partir de la composición de secuencias del ARN ribosómico 16 S de los plastos de las algas.

Algunos de los rasgos morfológicos más importantes en la separación de los grupos de algas son el tipo, la posición y el número de flagelos presentes en sus células móviles.

Otro rasgo útil en la separación de las algas son las variaciones en los patrones básicos de su ciclo de vida. Todas presentan alternancia de generaciones en la reproducción sexual, es decir, una generación cuyo número cromosómico es diploide, y otra con número cromosómico haploide. La generación diploide o esporofito produce células haploides (esporas) mediante el proceso de la meiosis. Las esporas se pueden dividir para formar la generación haploide o gametofítica, la cual produce gametos por mitosis. La fusión de dos gametos haploides da como resultado la formación de un cigoto diploide, que representa la primera célula de la generación diploide o esporofítica. El esporofito es diploide y asexual; el gametofito es haploide y sexual. Los diferentes grupos de algas modifican en forma drástica el patrón general de alternancia de generaciones haploide/diploide.

ALTERNANCIA DE GENERACIONES EN LAS ALGAS

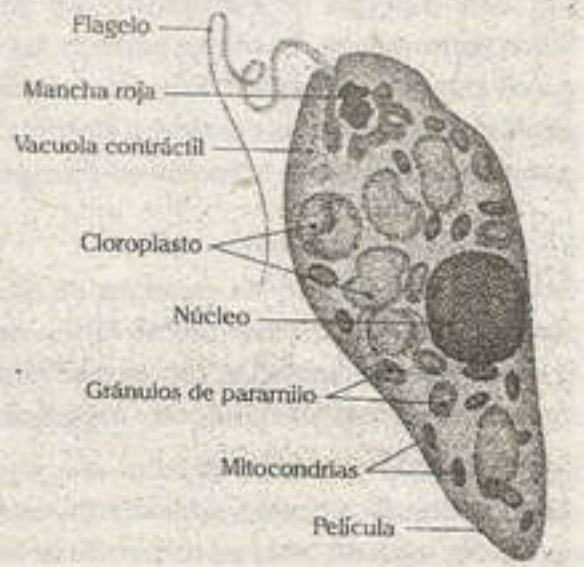


4▸ *EUGLENOPHYTA*

Existen alrededor de 800 especies dentro de este grupo; aproximadamente el 40% de ellas llevan a cabo la fotosíntesis, mientras que el 60% restante está compuesto por heterótrofos incoloros.

Todos son unicelulares y móviles. La célula carece de una pared firme y presenta en su lugar una serie de bandas sobrepuestas que se ubican justo por debajo de la membrana plasmática, formando una capa protectora flexible. Tales bandas permiten que se den los cambios característicos de forma observados en muchos de los organismos que pertenecen a las euglenofitas.

ESTRUCTURA DE UNA EUGLENA

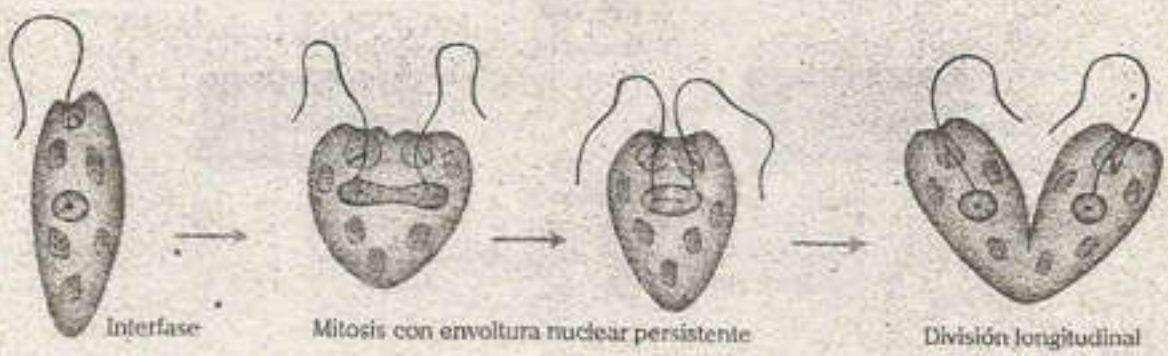


En el extremo anterior de la célula hay una muesca, a partir de la cual súrgen dos flagelos, en muchas especies uno de los flagelos es tan pequeño que apenas sale de la muesca; el que sí sobresale es un flagelo brillante. Una mancha ocular de color anaranjado-rojizo brillante se relaciona con la base del flagelo; esta es independiente de los cloroplastos.

Tal mancha parece ser más que una sombra, ya que probablemente actúa como la pantalla de luz de un fotorreceptor que se encuentra en la base de los flagelos. Gracias a la mancha ocular y al fotorreceptor, las euglenofitas pueden detectar los cambios en la intensidad lumínica y nadar hacia la luz. Las euglenofitas fotosintéticas tienen cloroplastos verdes brillantes que contienen clorofila a y b, así como carotenoides. La sustancia de reserva se almacena en forma de paramilo, que es similar al almidón pero más parecido al laminirano (la forma de reserva alimenticia de las algas pardas). El paramilo se almacena fuera de los cloroplastos.

Todas las especies cuentan con un solo núcleo de tamaño grande que se ubica en la parte central de la célula. Los cromosomas permanecen condensados durante la interfase, y el nucléolo y la envoltura nuclear persisten durante toda la mitosis. No hay centrómeros ni fibras del huso. Solo se conoce la reproducción asexual en las euglenofitas. Cuando las condiciones son desfavorables, la célula puede formar una cubierta resistente y transformarse en un quiste, que puede sobrevivir a las adversidades del medio. Algunos quistes acumulan gran cantidad de xantofila, tornándose de color rojo brillante, y pueden colorear el agua en que se encuentran flotando.

Reproducción asexual de una euglena



5. *Pyrrophyta*

Las 3000 especies de *Pyrrophyta* (del griego, *pyrro*: rojo, encendido) se presentan tanto en agua dulce como salada. La mayor parte de las especies son unicelulares y tienen dos flagelos, aunque algunos carecen de flagelos. Este filo contiene especies incoloras y otras que sí contienen clorofila. Las pirrófitas fotosintéticas contienen clorofila a, además de clorofila c y ciertos carotenoides. Estos organismos almacenan su alimento en forma de almidón, el cual se acumula por fuera de los plástidos.

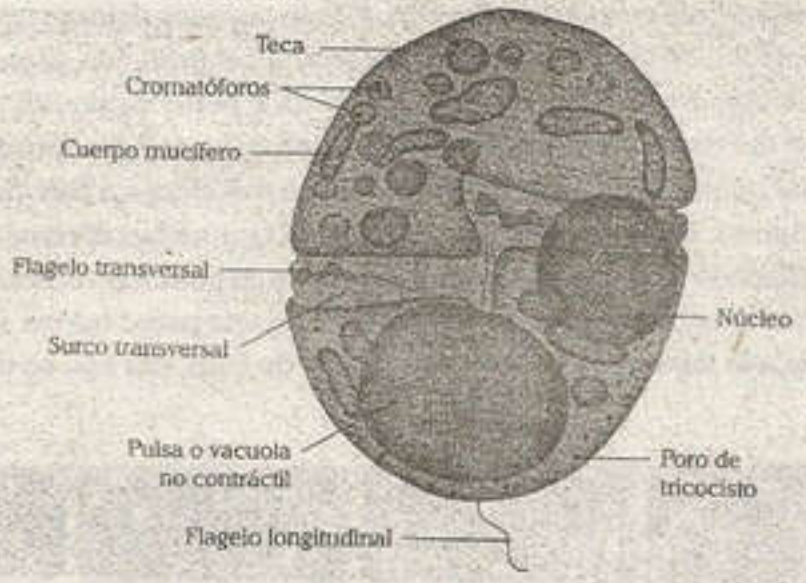
5.1. Dinoflagelados

Cerca de la mitad de las especies de dinoflagelados son fotosintéticas o mixótrofos. Unas pocas poseen algas verdes viviendo de forma endosimbiótica dentro de las vacuolas de sus citoplasmas. El resto de dinoflagelados son exclusivamente heterótrofos. Los dinoflagelados mixótrofos y heterótrofos absorben las moléculas orgánicas disueltas o ingieren las partículas de alimentos.

Los dinoflagelados pueden tener una pared de celulosa, por ello son del tipo armados, ya que la capa de celulosa puede estar compuesta por varias placas esculpidas que están firmemente cimentadas unas en otras en un patrón definido dentro de la membrana plasmática. Un flagelo de los dinoflagelados tiene forma de banda y rodea a la célula, mientras que el otro corre hacia la parte posterior dentro de un surco longitudinal.

Los dinoflagelados también son miembros importantes del fitoplancton marino. Miles de millones de flagelados son la fuente de la bioluminiscencia que se observa en aguas tropicales y semitropicales. La menor perturbación en el agua hace que dichos organismos relampagueen brillantemente. Un aspecto menos atractivo de los dinoflagelados es su participación en las llamadas mareas rojas, cuando hay aumento de la temperatura del agua y hay muchas horas de Sol, se puede producir cantidades exorbitantes de organismos de algunas especies de los géneros *Glenodinium* y *Gymnodinium*. Estos brotes masivos de dinoflagelados puede llegar a colorear de rojo grandes cantidades de agua e intoxicar millones de peces y otros organismos marinos.

Esquema de *Gymnodinium*



6▸ *Chrysophyta*

Se conocen más de 6600 especies. La mayor parte de ellas son formas de agua dulce móviles, pero algunas especies forman parte del plancton marino. Son denominadas algas doradas.

El nombre de algas doradas deriva de la presencia de una xantofila específica, la fucoxantina, que enmascara a la clorofila a. Las algas doradas también poseen clorofila c y otros carotenoides. La forma de almacenamiento de sus alimentos es el crisolaminarano, que comparte ciertas características con el laminarano de las algas pardas, pero es diferente a él.

La mayor parte de las especies de este grupo son unicelulares o coloniales, y presentan flagelos; casi todas carecen de una pared celular, presentando en su lugar una cubierta de escamas sobre sus celulas o bien una especie de armazón movible, que se conoce con el nombre de lóriga. La lóriga puede contener celulosa además de varios minerales como hierro, magnesio y carbonatos. Las escamas presentes en algunas especies son inorgánicas, por lo general están compuestas de sílice.

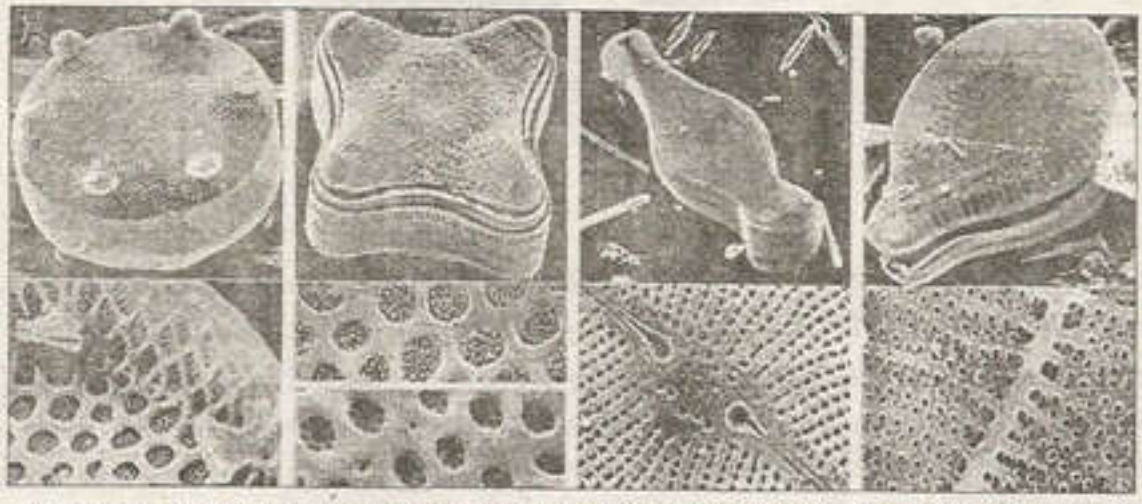
Cuando se efectúa la división celular de muchas de las especies que presentan una lóriga, una de las células producidas se queda con ella, mientras que la otra nada hacia el exterior y forma una nueva loriga. Muchas especies sedentarias de crisoficeas forman quistes de paredes gruesas. La reproducción sexual es poco común en estos organismos.

La mayor parte de la *Chrysophyceae* son unicelulares o coloniales. Es común encontrar formas flageladas de agua dulce en los lagos. Numerosas especies inmóviles de agua dulce se desarrollan con frecuencia en arroyos de corrientes rápidas, manantiales y estanques llanos. Algunas algas doradas se presentan en las marismas saladas o en los esteros.

Las crisofitas están integradas por tres clases, de las cuales destaca la *Bacillariophyceae*. Según estudios bioquímicos y de microscopía electrónica recientes, consideran a esta clase como un nuevo filo: *Bacillariophyta*.

6.1. DIATOMEAS

La clase *Bacillariophyceae* incluye aproximadamente 200 géneros y más de 5600 especies vivientes. Sus células vegetativas carecen de flagelos, tienen paredes rígidas cuyo contenido de silicatos es casi del 95% del total de la pared; además presentan celulosa. Las paredes celulares o frústulos poseen diseños elaborados, ornamentados y numerosos poros diminutos. La acumulación de sílice en sus frústulos hace que las diatomeas posean una densidad de, aproximadamente, dos veces y media la del agua marina. Con todo, las diatomeas se mantienen a flote almacenando aceite, que es reserva de alimento. Durante el día, las diatomeas que nadan libremente varían de densidad, produciendo o utilizando aceites y cambiando por tanto su posición vertical en la columna de agua. Cada diatomea está encerrada entre las dos mitades de una pared que se sobrelapan o encajan en forma muy similar a la tapa y el fondo de una placas de Petri, por ello se dice que viven en "cajas de cristal".

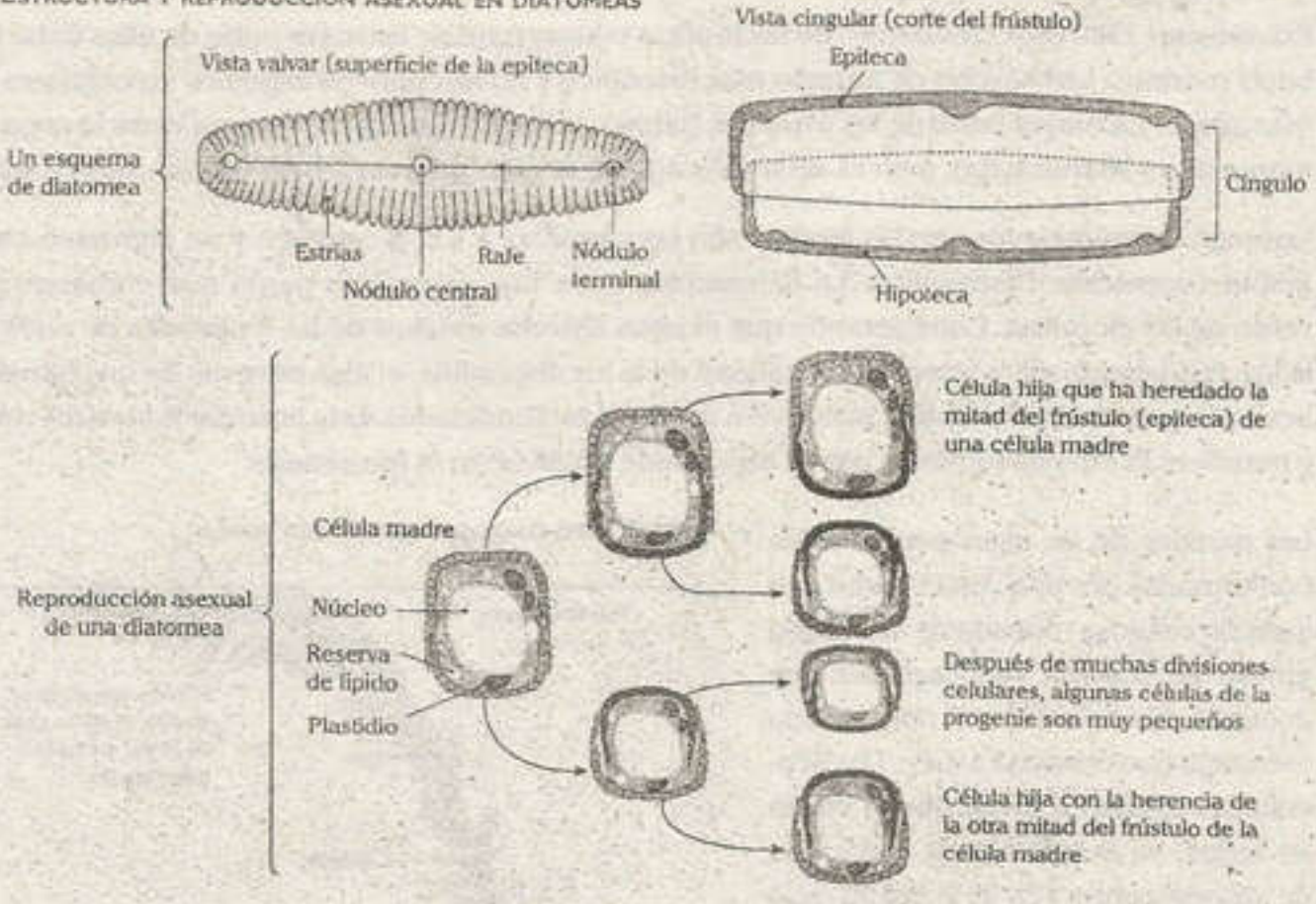


Microfotografía de diatomeas en la cual se muestran las ornamentaciones de sus frústulos y los numerosos poros.

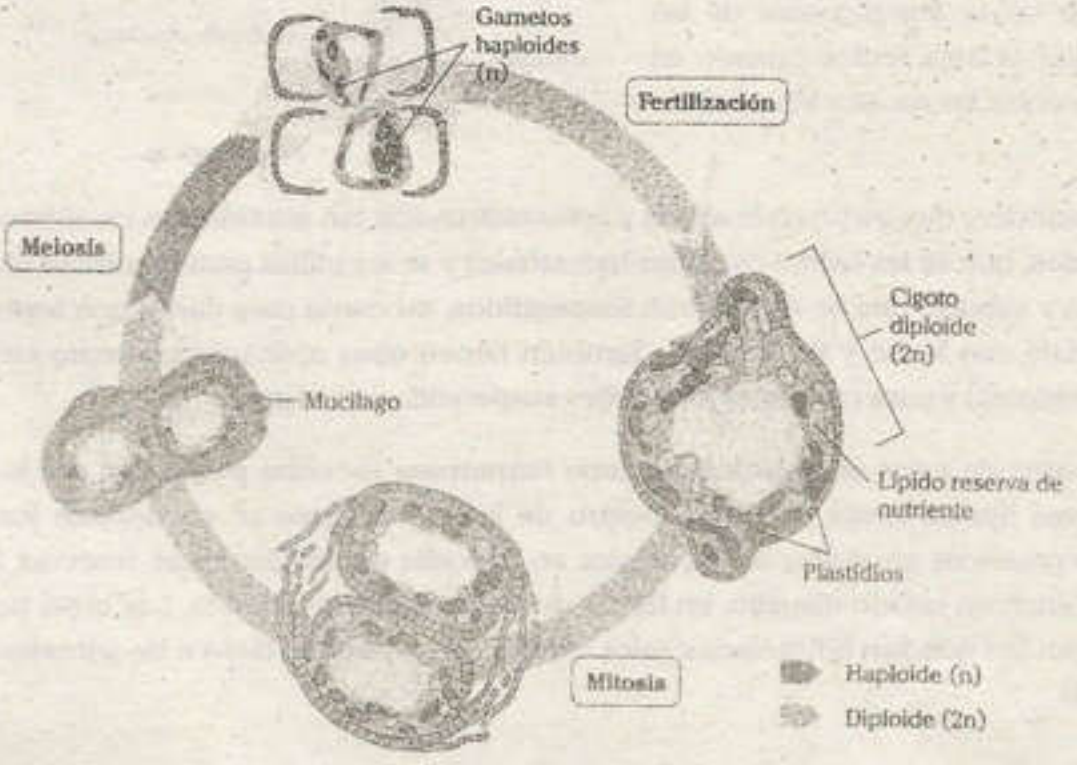
Las reservas alimenticias de estos organismos se hallan en forma de grasas, aceites y crisolaminarina. Tales reservas siempre se encuentran en el exterior de los cloroplastos.

Las diatomeas se reproducen fundamentalmente de manera asexual, mediante mitosis. Cada célula hija hereda una mitad del frústulo de la célula madre y fabrica la mitad restante. La reproducción sexual se produce cuando las células que alcanzan cierto tamaño mínimo experimentan meiosis y producen ovocélulas o espermatozoides. La fecundación da lugar a la formación de un cigoto, que crece, fabrica un nuevo frústulo y se convierte en una diatomea de tamaño normal.

Estructura y reproducción asexual en diatomeas



Reproducción sexual de las diatomeas



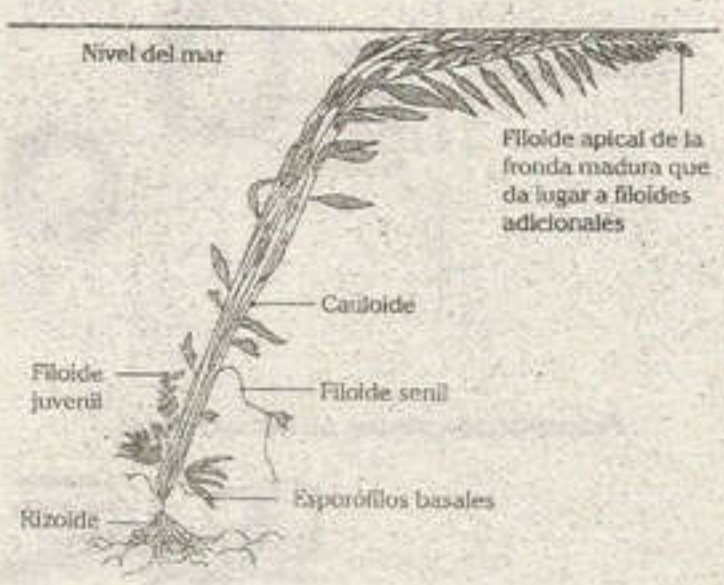
7 ▸ PHAEOPHYTA

Existen casi 1500 especies dentro de las feofitas o algas pardas; la mayor parte de ellas tiene hábitats marinos. La mayoría de tamaño macroscópico y no se conocen especies unicelulares en este grupo. La mayor parte de las especies habitan la zona intermareal (el área entre la zona de marea alta y marea baja), o en el agua más allá de la zona de marea baja (región submareal).

Los pigmentos presentes en las feofitas son las clorofilas a y c, β-caroteno y un pigmento carotenoide accesorio: fucoxantina. La fucoxantina tiene una coloración parda que enmascara el verde de las clorofilas. Considerando que el agua absorbe muchas de las longitudes de onda de la luz, reduciendo así la intensidad y calidad de la luz disponible, el alga necesita de un pigmento accesorio como la fucoxantina para vivir a mayores profundidades. Esta absorbe la luz azul-verde y transfiere la energía lumínica que el alga puede emplear en la fotosíntesis.

Las paredes de las algas pardas están conformadas por una capa interna delgada de celulosa rodeada de una pared gruesa de materia mucilaginosa que contiene ficocoloide, un polisacárido complejo que contiene azufre. Los ficocoloides ayudan a evitar que la célula se seque, ya que tienen la capacidad de absorber entre 10 y 20 veces su peso en agua. Por otra parte, también protegen a las células del congelamiento y funcionan como amortiguador de los golpes que el alga recibe cuando es azotada contra las rocas a causa de la resaca.

ESTRUCTURA CORPORAL DE UN ALGA PARDA



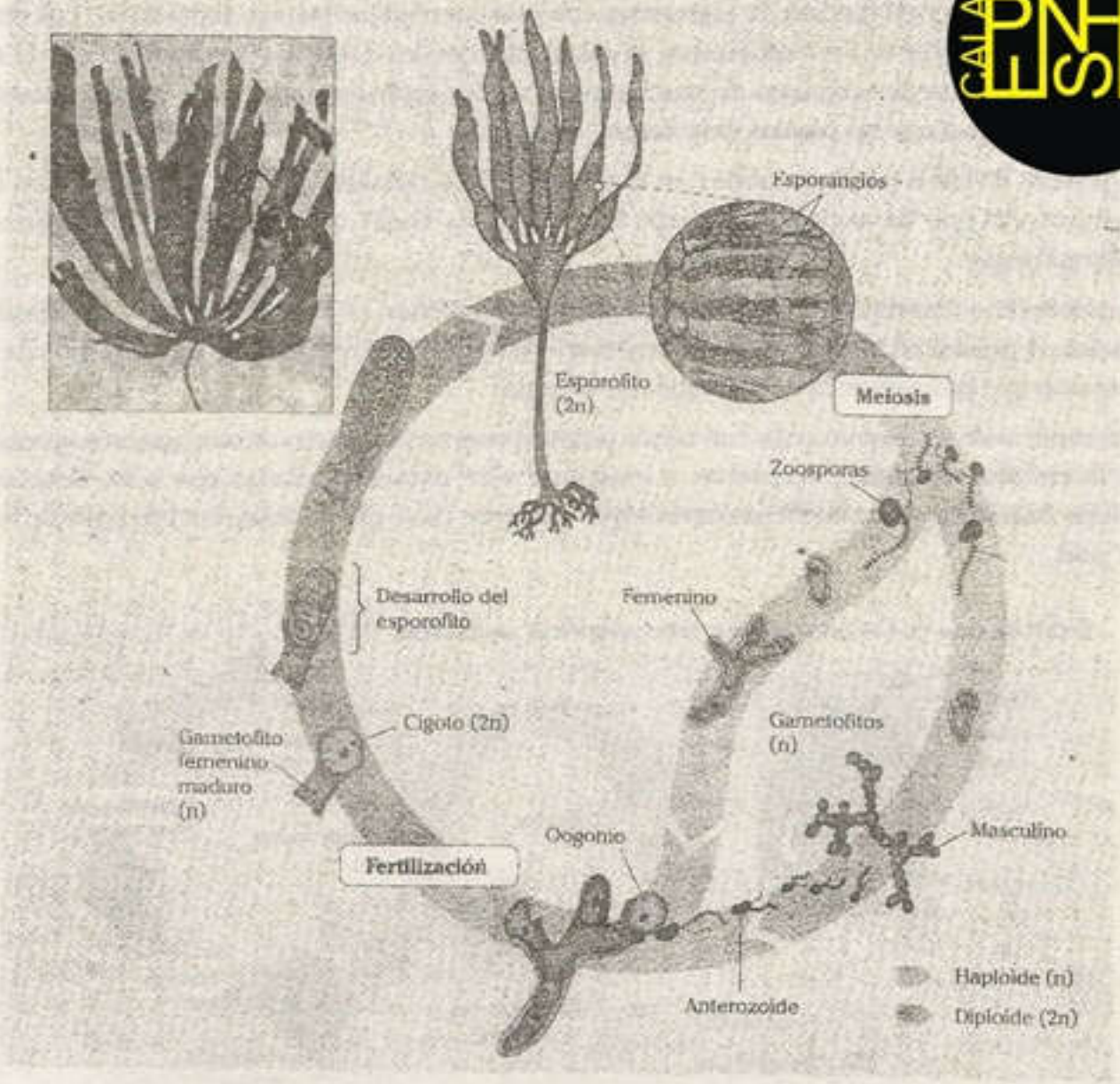
Macrocystis sp.

Estas sustancias, que incluyen la algina y la fucoidina, son tan abundantes en algunas algas pardas grandes, que se les extrae con fines industriales y se les utiliza para mantener el color de los alimentos y sabores que se encuentran suspendidos, así como para darles una textura cremosa al chocolate con leche y los helados. También tienen otras aplicaciones como emulsificantes (son excelentes) y para mantener los aceites suspendidos en el agua.

El citoplasma de estos organismos contiene numerosas vacuolas pequeñas, por lo general los cloroplastos tienen forma de disco. Dentro de los cloroplastos se encuentran los pirenoides (cuerpos proteicos alrededor de los cuales se deposita el almidón). Las reservas alimenticias se almacenan en estado disuelto, en forma de polisacárido laminarina. Las algas pardas tienen células móviles que son biflageladas; tales células corresponden tanto a los gametos como a las zoosporas.

El cuerpo de la mayor parte de las algas pardas está diferenciado en tres regiones principales: un rizoide o disco de fijación, que se encarga de anclar el alga en las rocas y demás sustratos sólidos; un cauloide, que está adherido al disco de fijación; y las láminas, con forma de hoja que se encuentran cerca de la superficie del agua.

CICLO DE VIDA DE *LAMINARIA*, UN ALGA PARDA



7.1. *MACROCYSTIS*

Las algas pardas como *Macrocystis* pueden alcanzar longitudes de 40 m o más y forman grandes techos. El talo está diferenciado en rizoide, estípite y láminas. El estípite es cilíndrico, ramificado con neumatóforo en la base de las ramificaciones. Estructuralmente es parenquimatosa con tres zonas bien diferenciadas: epidérmica, cortical y medular, con conductos mucilaginosos en todas las porciones de la planta. Los tubos cribosos abundan en la zona medular. En nuestras costas encontramos dos especies que viven en aguas frías.

8. *Chlorophyta*

Las algas verdes o *Chlorophyta* son el filo de algas que cuenta con mayor número de especies (casi 7500 especies diferentes). Estas algas muestran una amplia gama de formas y tamaños. Las algas verdes que habitan en agua dulce son unicelulares, coloniales y filamentosas. Las algas clorofitas marinas suelen ser mayores en tamaño que los dulceacuícolas.

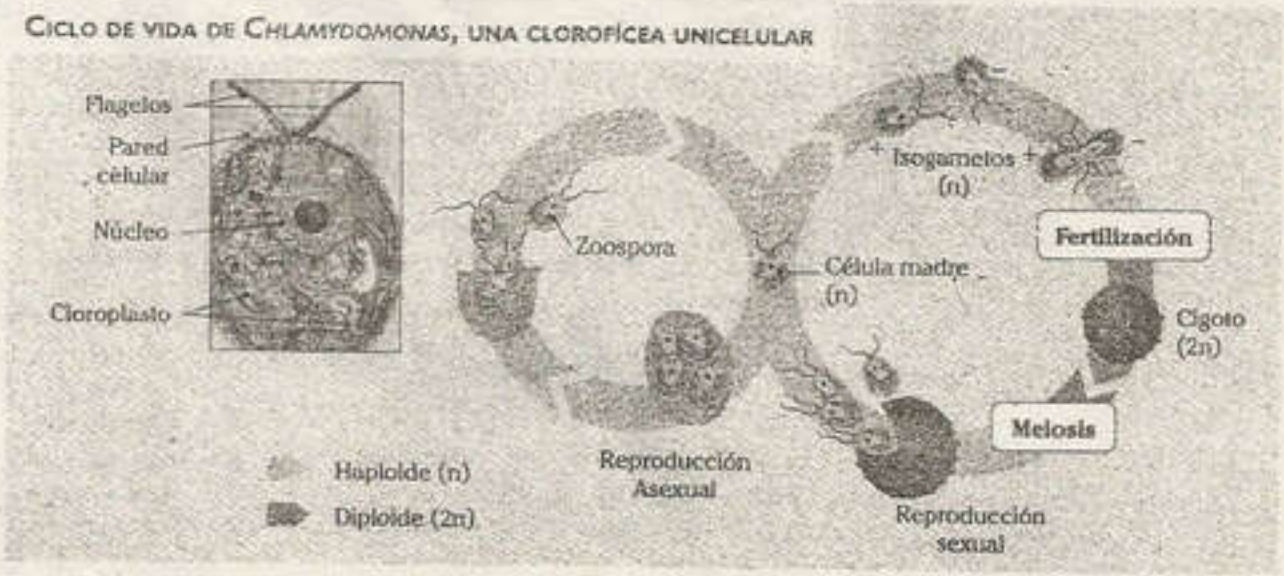
Los cloroplastos de las algas verdes contienen clorofilas a y b, β-caroteno y diversas xantofilas (es decir, la misma combinación de pigmentos con que cuentan las plantas superiores). Los pirenoides están presentes en los cloroplastos, se relacionan con los depósitos de almidón que ahí se encuentran. Las paredes celulares de muchas algas verdes están formadas por celulosa y sustancias pépticas, al igual que las plantas vasculares.

Es posible dividir a las algas verdes en dos grupos si se considera el tipo de mitosis, tipo de citocinesis y el tipo de anclaje del cuerpo basal. Las dos líneas que surgen son: *Charophyceae* y *Chlorophyceae*.

Charophyceae (carofitas) son organismos cuyo huso mitótico es abierto (agujeros apreciables en los polos), presentan fragmoplastos o invaginaciones y células flageladas. Este es un grupo de algas pequeño que incluye cerca de 250 especies vivientes.

Chlorophyceae son organismos con husos mitóticos cerrados (no se forman agujeros apreciables en la envoltura nuclear), ficoplastos o invaginaciones, etapas flageladas con o sin rizoplastos y células flageladas. Las clorofíceas constituyen una gran clase que incluye muchos tipos de formas de vida.

Ciclo de vida de *Chlamydomonas*, una clorofícea unicelular

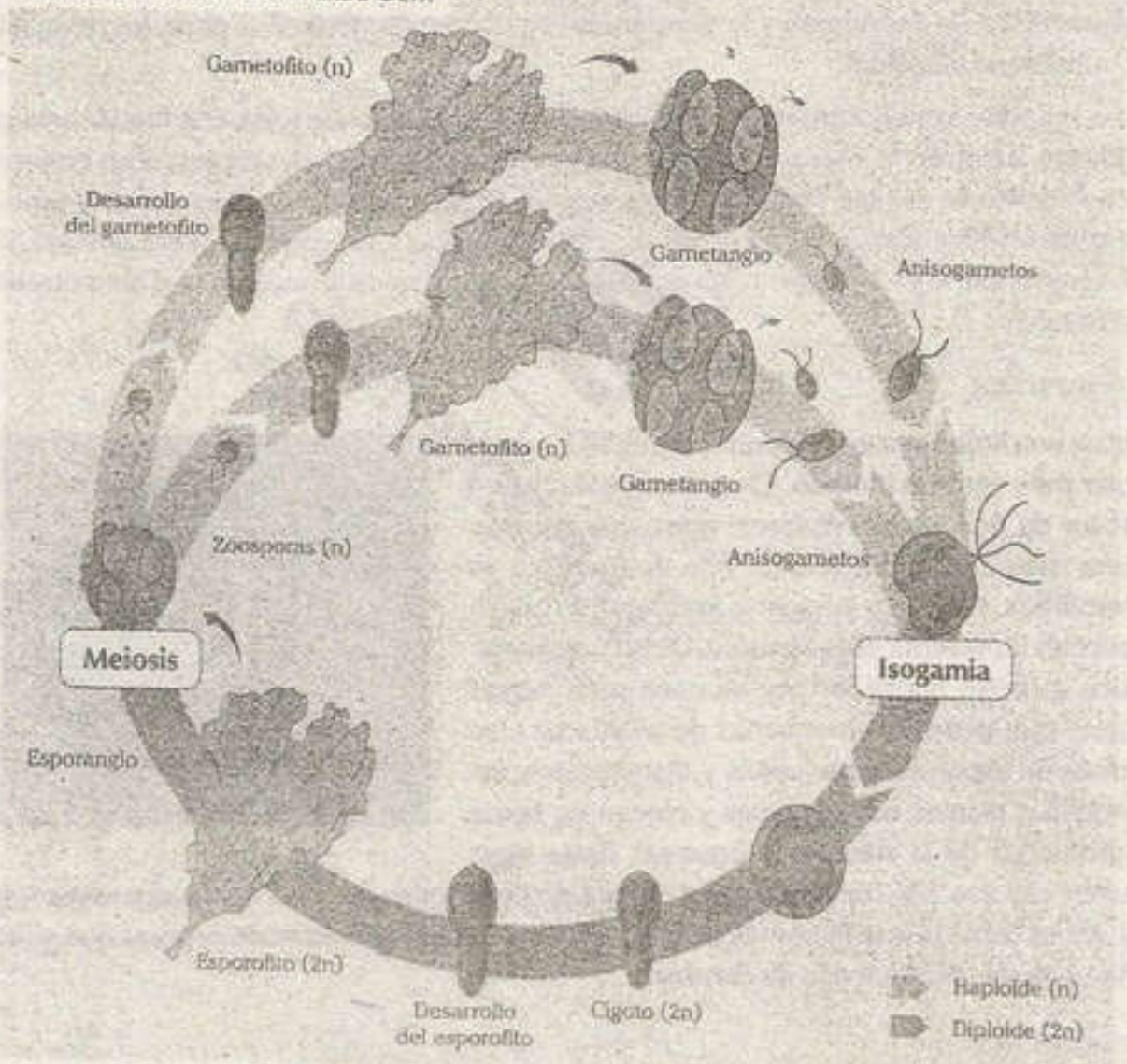


8.1. *Ulva*

Muchas especies de las clorofitas son organismos marinos. Uno de los más conspicuos es una alga aplanada, del grosor de un pañuelo y con el color verde brillante llamada "lechuga de mar", del género *Ulva*. La lámina presenta dos capas de células de grosor. En un extremo de la lámina se encuentra un pequeño disco de fijación que le sirve de anclaje en las rocas.

Las generaciones de *Ulva* son isomórficas; un individuo maduro puede ser tanto haploide como diploide. Cuando germina el cigoto forma un alga madura (por divisiones mitóticas repetidas). Cuando las condiciones son las adecuadas, algunas células periféricas del alga sufren una meiosis produciéndose así células haploides o meiosporas. Estas últimas nadan, se establecen y germinan para desarrollar algas haploides maduras. Las células de las algas haploides se dividen mitóticamente cuando las condiciones son apropiadas, formando gametos móviles. Los gametos masculinos suelen ser ligeramente menores en tamaño y con un color más amarillento que los femeninos (que son verdosos). Solo se fusionaran aquellos gametos que provienen de algas diferentes. El cigoto de pared delgada germina pronto para formar una nueva alga diploide. En esta concluye el ciclo de vida de *Ulva*.

CICLO DE VIDA DEL ALGA VERDE *ULVA*



Las clorofitas se distinguen claramente de las plantas por el menor grado de diferenciación de su órgano vegetativo y por la naturaleza de sus órganos reproductores (esporangios y gametangios). Sus formas de reproducción sexual son muy variadas: isorgámica o anisogamia, oogamia; así como sus ciclos de desarrollo.

9. *Rhodophyta*

Existen cerca de 5000 especies de *Rhodophytas*, o algas rojas, que se ubican en casi 600 géneros. Las algas rojas constituyen el único filo dentro de todas las algas que carecen de células móviles de cualquier tipo. Tal vez, en algún tiempo tuvieron estas estructuras y después perdieron la capacidad de producirlas, o bien nunca desarrollaron tales partes. No se han observado centriolos verdaderos en las rodofitas, aunque sí se han encontrado estructuras similares a centriolos. Sin embargo, no ha sido posible determinar si estas estructuras son o no vestigios de centriolos.

Las células de las algas rojas simples son uninucleadas, mientras que las que pertenecen a formas más avanzadas son multinucleadas. Las algas rojas simples pueden contar con un solo cloroplasto el cual presenta o no estructuras pirenoides en su interior. Los tilacoides se encuentran separados unos de otros; se considera que esta última condición es primitiva. Los pigmentos accesorios de ficobiliproteínas (la ficoeritrina y la ficocianina) se ubican en pequeños gránulos de la superficie de la membrana tilacoidal.

Muchas rodofitas tienen formas de cintas delicadas y coloraciones rojas con una amplia gama de tonalidades. Algunas de ellas son células individuales o filamentosas simples; otras son realmente hojas aplanadas de células. Muchas especies de las *Rhodophytas* presentan una alternancia trifásica de generaciones, siendo los gametofitos, carposporofitos y esporofitos, generalmente, isomórficos. La mayor parte de las algas rojas son algas marinas con distribución en el área de submareal e intermareal.

9.1. *Porphyra*

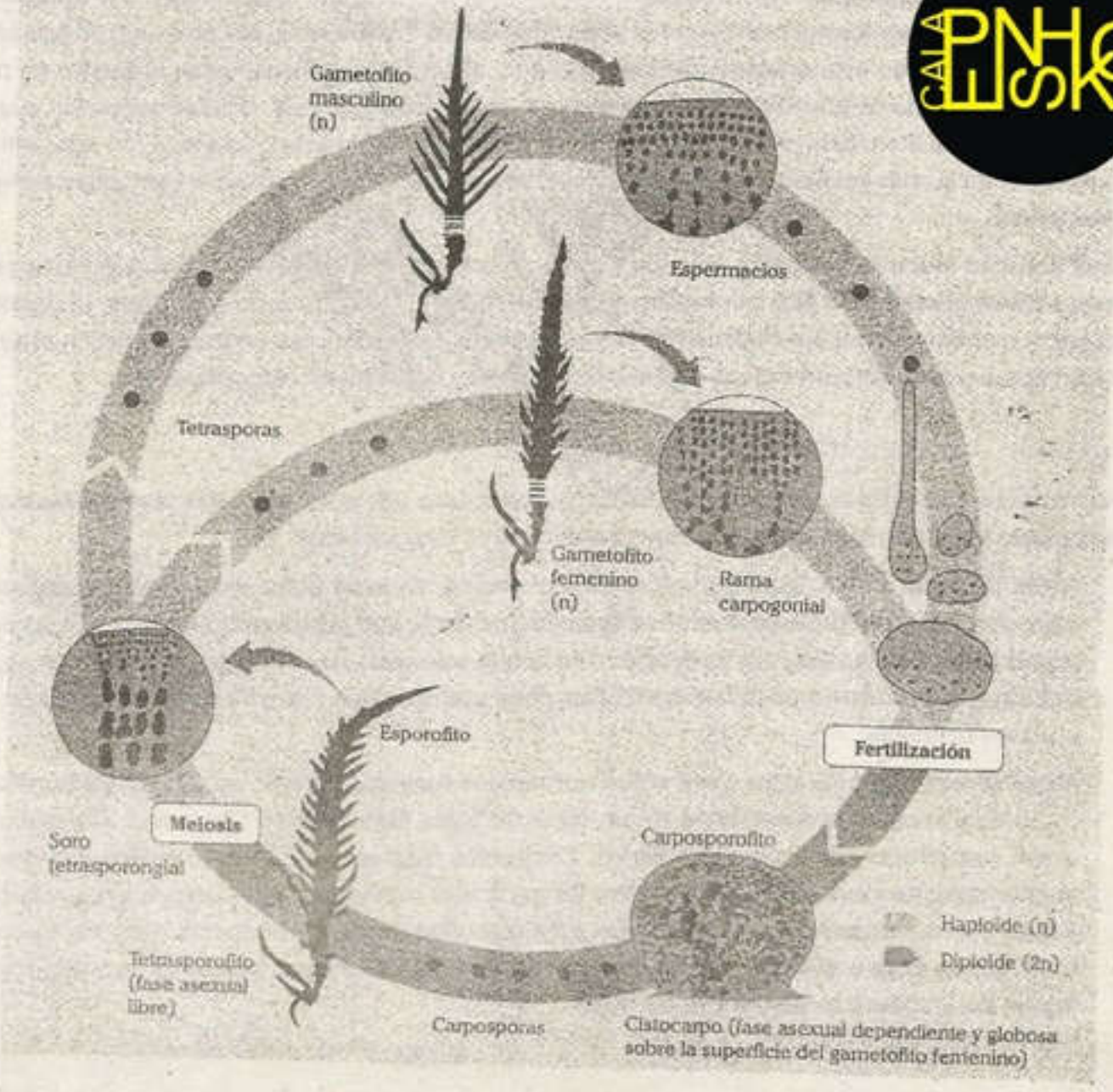
Semeja a una hoja aplanada de papel semitransparente de color rojo, verde o morado. Ciertas especies tienen un grosor de dos capas celulares; otras solo cuentan con una capa celular. El ciclo de vida de *Porphyra* es heteromórfica. La planta laminar común que se acaba de describir representa el gametofito. Dicho organismo produce gametos haploides que se unen para formar un cigoto que germina en conchas de moluscos y se desarrolla en esporofitos pequeños y filamentosos, estas pequeñas plantas son perennes y crecen en aguas más profundas de la zona de submareal. Estas algas producen esporas por meiosis, que a su vez se desarrollan en una fase gametofítica, foliosa y anual. Así es como la fase filamentosa actúa como una fuente perenne de esporas que anualmente origina las vastas poblaciones de *Porphyra*.

9.2. *Gigartina*

Tiene láminas grandes y vistosas que se ven y sienten ásperas, otras tienen láminas suaves y lisas como laminaria, pero cuya coloración es verdosa o rojiza e iridiscente en el agua. Los dos géneros de algas mencionados son plantas de tamaño medio (entre 20 y 60 cm de largo) que crecen adheridas a las rocas.

Las algas rojas crecen de manera regular en la sombra de alguna alga parda y sobreviven aparentemente bien, explorando un ambiente que para otro tipo de algas resulta inaccesible. Esto se debe a que sus pigmentos rojos y azules absorben bien las longitudes de onda correspondientes al verde y algunas otras aun en bajos niveles de luminosidad. Por lo tanto, dichos pigmentos resultan tener fundamental importancia en la sobrevivencia y distribución de las rodofitas. Las algas pardas son menos comunes y tienen menor tamaño en aguas tropicales que en las templadas; por otra parte las algas rojas abundan más en aguas de tipo tropical.

CICLO DE VIDA DE *GIGARTINA* (*CHONDRACANTHUS*) "YUYO"



10 ▸ ECOLOGÍA

Gracias a su diversidad y a sus exigencias ecológicas muy variadas, las algas son capaces de poblar los biotopos más diversos de la biosfera, tanto marinos como continentales. Aunque menos aparente a primera vista, el papel de las algas es fundamental en los medios acuáticos, en los que son, gracias a su fotosíntesis, las principales responsables de la producción primaria, primer eslabón de todas las cadenas alimentarias.

Debido a la diversidad de los biotopos y las formas de vida de las algas, podemos considerar sucesivamente la ecología de las algas marinas y de las algas continentales (algas de agua dulce, algas aéreas, etc.).

10.1. ECOLOGÍA DE LAS ALGAS MARINAS

Los océanos, que cubren cerca de las tres cuartas partes de la superficie del globo y cuya profundidad puede sobrepasar los 10 000 metros, representan un volumen considerable con relación al espacio ocupado por los seres vivos en la superficie de los continentes. Sin embargo, la totalidad del medio marino no está poblado por las algas que, al ser fotosintéticas, están limitadas en profundidad por la falta de luz. El límite extremo que pueden alcanzar, muy variable según los mares, es inferior a los 200 m. Esta profundidad señala el límite inferior de la región fótica, en oposición a la región afótica, más profunda, en la que solo existen organismos heterótrofos (animales, hongos y bacterias).

En el dominio fótico se distingue, por una parte, un dominio béntico, poblado por organismos del bentos (fito y zoobentos), fijos al sustrato o reposando en el fondo marino y, por otra, el dominio pelágico, que comprende los organismos del pelagos que nadan o flotan en suspensión en el agua. Entre ellos, las algas microscópicas unicelulares flotantes constituyen el fitoplancton.

10.2. ECOLOGÍA DE LAS ALGAS CONTINENTALES

Las algas continentales no solo pueblan las aguas dulces, las aguas termales y la nieve de las regiones polares y alpinas, sino también ambientes terrestres muy variados.

- **Algas de agua dulce.** Igual que en el medio marino, en agua dulce existen algas bénticas y algas planctónicas. Contrariamente al agua de mar, en la que la proporción relativa de las diferentes sales disueltas es muy constante y en la que solo varía su concentración total, las aguas dulces, en general muy poco mineralizadas, presentan grandes variaciones en la naturaleza de las sales disueltas.
- **Algas aéreas.** Algunas algas viven sobre numerosos sustratos aéreos; así, los suelos húmedos están con frecuencia recubiertos de un tapiz de algas filamentosas (*Zygnema*, *Hormidium*) o con estructuras sifonadas (*Vaucheria*). Los suelos más secos, e incluso suelos desérticos, presentan hasta cierta profundidad entre las partículas minerales, algas unicelulares variadas: *Xantophyceas*, diatomeas, etc. Asociadas a los cianofitas; hongos y bacterias constituyen la flora del suelo, cuya actividad metabólica es considerable. Otras algas aéreas viven sobre rocas, tronco de árboles e incluso sobre las hojas.

Lumbreras Editores

Las paredes de las diatomeas son muy resistentes a la descomposición, por lo que se acumulan en el suelo de los océanos. Cuando la actividad geológica eleva estos depósitos sobre el nivel del mar, se forma la tierra de diatomeas, que se explota comercialmente para fabricar barnices, filtros de aire y agua, limpiadores de ventanas y los depósitos pueden tener 200 m o más de profundidad.

El valor económico de las algas rojas es muy notorio por la multiplicidad de usos que tiene para el hombre:

- Como alimento, algas rojas como *Porphyra* y *Gigartina* (*Chondracanthus*), conocidas popularmente como "yuyos de mar" o "cochayuyo".
- Como medicinal, se tiene al género *Gelidium*, el cual fue empleado hace mucho tiempo en el tratamiento de desórdenes estomacales. En 1881 el valor medicinal del agar (ficocoloide) se hizo más sobresaliente al comprobar Robert Koch su importancia en el cultivo de las bacterias.
- Como insumo industrial, las algas rojas productoras de agar (*Gelidium*, *Pterocladia*, *Gracilaria*, *Gracilariopsis*, *Ahnfeltia*).

Diversas algas marinas han formado parte de la dieta humana desde tiempos muy lejanos, las feofitas como *Laminaria* y *Undaria*, bajo los nombres de "Kombu" y "Wakame", respectivamente, son parte de la dieta en el archipiélago japonés.

- Como forraje para animales domésticos en países europeos como fuente de minerales y vitaminas (vacuno, porcino y lanar).
- Como fertilizantes y mejoradores de suelos, desde hace siglos en Francia, Escocia, Irlanda, Noruega, algas como *Fucus* enriquecen los suelos, principalmente con iodo y potasio.
- Como recurso industrial como materia prima para la obtención de la algina, que tiene como características: estabilizante, espesante y emulsificante. Los usos principales se dan en la fabricación de helados, pastas dentífricas, antibióticos, productos lácteos, como fijador de colorantes durante el teñido de telas y en cervecería como clarificante, entre otros usos.

- FULLER, H. J.; CAROTHERS, Z. B.; PAYNE, W. W. y M. K. BALBACH. *Botánica*. México D. F.: Nueva Editorial Interamericana, 1974.
- IZCO, Jesús (Coord.). *Botánica*. Segunda edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 1997.
- NABORS, Murray W. *Introducción a la botánica*. Madrid: Pearson Educación, 2006.
- SCAGEL, R. F.; BANDONI, R. J.; ROUSE, G. E.; SCHOFIELD, W. B.; STEIN, J. R. y T. C. TAYLOR. *El reino vegetal. Los grupos de plantas y sus relaciones evolutivas*. Barcelona: Omega, 1973.
- STRASBURGER, E.; NOLL, F.; SCHENCK, H. y A. F. SCHIMPER. *Tratado de botánica*. Barcelona: Omega, 1994.

Lectura

Darwin y las algas

Durante la expedición del Beagle recogió y describió numerosos ejemplares, en especial de algas coralinas, pero también laminariales y cianobacterias marinas (llevaba consigo los 17 volúmenes del *Diccionario Clásico de Historia Natural*, que le fueron muy útiles en sus trabajos sobre organismos marinos). Este material, que contiene los tipos de varias *Amphiroa*, fue depositado en el herbario del Trinity College de Dublín (a cargo entonces de William Harvey).

En sus notas, Darwin discute varios aspectos anatómicos de las Coralináceas, concluyendo que estos organismos no pueden ser corales o "zoofitos" como aún se pensaba. En su Diario zoológico hallamos observaciones ecológicas sobre las praderas de kelp y una detallada descripción de la "nieve roja" hallada en los andes, causada por *Protococcus nivalis* (*Chlamydomonas nivalis*), subrayando la amplia distribución de esta criptógama. Posteriormente, en el análisis biogeográfico realizado en *El origen de las especies* añadiría la observación de Hooker sobre la ausencia en los trópicos de 25 especies de algas marinas reportadas en común para Nueva Zelanda y Europa. El 18 de marzo de 1832 apunta en su Diario de Investigaciones sus impresiones sobre un crecimiento masivo de *Trichodesmium erythraeum* que encontraron cerca de Abrolhos (Brasil):

"El número [de individuos] debía de ser infinito: el barco atravesó varias franjas, una de las cuales tenía diez yardas de ancho y, a juzgar por el color fangoso del agua, por lo menos dos millas y media de largo".

Por otra parte, mantuvo una nutrida correspondencia con destacados algólogos como Müller, Hildebrand o Ehrenberg. Este último describió algunas diatomeas nuevas a partir de muestras donadas por Darwin, como *Cocconema lunula* (*Encyonema lunula*) o *Pinnularia borealis*. La cita ficológica más célebre de Darwin se refiere precisamente a este grupo:

"Pocos objetos hay más hermosos que los pequeños caparazones silíceos de las diatomeas; ¿fueron creadas estas para que pudiesen ser examinadas y admiradas con los mayores aumentos del microscopio?" (*El origen de las especies*, cap. VI).

Por otra parte, se interesó por la formación y el movimiento de las zoósporas en las algas: Nägeli había demostrado la existencia de sexos separados incluso en los organismos más sencillos, y Darwin pensaba que la conjugación en las algas era un primer paso hacia la reproducción sexual. En este sentido, fue uno de los primeros en identificar la isogamia como estado primitivo. Terció también él la disputa surgida acerca de la presunta monofilia de los "vegetales" en sentido amplio, es decir, sobre si las plantas descienden de las algas, aunque la ausencia de registros fósiles adecuados dejó la discusión en suspenso durante varias décadas más.

Estos y otros datos aquí obviados muestran que la contribución de Darwin a la ficología fue mucho más que anecdótica. Media docena de especies con el epíteto darwinii reconocen e inmortalizan este hecho hoy quizás algo olvidado. Las generaciones actuales agradecemos a este insigne científico haber arrojado tanta luz sobre el misterio de la vida.

BLANCO, Saúl. *Algas 40*. Boletín de la Sociedad Española de Ficología. Diciembre, 2008.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

La división *Rodophyta* se caracteriza por presentar al pigmento ficoeritrina, que participa en la fotosíntesis, en este grupo encontramos algas como

A) el "sargazo".
B) la "lechuga de mar".
C) el "yuyo".
D) el "cushuro".
E) el "kombu".

Resolución

El yuyo es un alga roja de la familia *Gigartinaceae*, de uso en la alimentación humana y presenta los pigmentos de toda rodofita: ficoeritrina y ficocianina, además tiene una amplia distribución en nuestro medio.

Clave C

Pregunta 2

Las algas pluricelulares de formas parenquimatosas, por la división celular en más de un plano formando partes análogas a las plantas, están integradas por especies como

A) *Ulva.*
B) *Macrocystis.*
C) *Euglena.*
D) *Spirogyra.*
E) *Porphyra.*

Resolución

Un alga con partes análogas a las plantas es *Macrocystis*, esta alga pluricelular presenta estructuras como rizoides, cauloide y filoides análogas a raíz, tallo y hoja de las plantas. *Macrocystis* pertenece al grupo de las algas pardas por presentar fucoxantina.

Clave B

Pregunta 3

Las algas que presentan los pigmentos ficoeritrina y ficocianina pertenecen a la división

A) clorofitas.
B) crisofitas.
C) feófitas.
D) pirrofitas.
E) rodofitas.

Resolución

Las rodofitas son un grupo de algas con el pigmento fotosintético clorofila a y pigmentos accesorios como ficocianina y ficoeritrina, los cuales les permite habitar las zonas con bajo niveles de luminosidad y con longitudes de onda correspondientes al verde.

Clave E

Pregunta 4

Un carácter de las algas clorofitas que lo asemejan con las plantas superiores es la presencia de

A) clorofila a y c.
B) dos flagelos apicales.
C) almidón como reserva.
D) gametos flagelados.
E) fucoxantina y β caroteno.

Resolución

Las algas verdes, al igual que las plantas superiores, presentan almidón como producto de reserva, además ambos presentan clorofila a y b, pared de celulosa y alternacia de generaciones, por ello se afirma que el origen de las plantas superiores es a partir de las clorofitas.

Clave C

Cumbreras Editores

Pregunta 5

Con referencia a las algas indique la relación correcta.

A) euglenofitas - laminarina
B) crisofitas - almidón
C) crisofitas - paramilo
D) feofitas - laminarina
E) rodofitas - glucógeno

Resolucion

La relación correcta es feofitas - laminarina, alga y producto de almacenamiento. La laminarina es un polisacárido que se almacena en estado disuelto. Las algas pardas tienen otros productos de importancia económica como es el ficocoloide algina.

Pregunta 6

Con relación a las diatomeas, señale la proposición correcta.

A) Habitan exclusivamente ambientes marinos.
B) Presentan una pared con silicatos en grandes cantidades.
C) Tienen como sustancia de reserva al almidón.
D) Sus pigmentos son clorofila a y b.
E) Son productoras de agar.

Resolución

La proposición correcta sobre las diatomeas es la presencia de una pared con silicatos en grandes cantidades. La pared celular o frústulo en la mayoría de diatomeas es gruesa y resistente a una degradación natural.

Pregunta 7

Correlacione las siguientes estructuras con las algas que lo presentan

I. Pared de sílice	a. *Macrocystis*
II. Mancha ocular	b. Euglena
III. Neumatóforo	c. Diatomea

A) Ib, IIa, IIIc
B) Ia, IIb, IIIc
C) Ic, IIb, IIIa
D) Ic, IIa, IIIb
E) Ia, IIc, IIIb

Resolucion

La relación correcta entre estructura y organismo es pared de sílice en diatomeas, mancha ocular en euglena y neumatóforo en *Macrocystis*. Los neumatóforos son también llamados flotadores y le permite a *Macrocystis* flotar sobre la superficie del mar.

Pregunta 8

De las siguientes proposiciones, ¿cuáles son verdaderas?

I. Las algas rojas son predominantemente de agua dulce.
II. El paramilo es el producto de almacenamiento en crisofitas.
III. Algunas especies de *Pirrophytas* generan la marea roja.
IV. El agar y la carragenina son ficocoloides de importancia industrial.
V. El yuyo presenta pigmentos como la ficoeritrina y ficocianina.

A) I, II, IV B) I, IV, V C) II, IV, V
D) II, III, IV E) III, IV, V

Lumbreras Editores

Resolución

Son proposiciones correctas: algunas especies de *Pirrophytas* como *Gymnodinium* breve generan la marea roja; el agar y la carragenina son ficocoloides de importancia en la industria lechera, textil, fotográfica entre otras; y el yuyo un alga roja presenta pigmentos como ficoeritrina y ficocianina.

Clave: E

Pregunta 9

En las algas ....., la clorofila se encuentra acompañada de ..... para llegar a obtener por fotosíntesis productos de almacenamiento como ..... .

A) verdes - el β caroteno - el almidón.
B) doradas - la ficoeritrina - el paramilo.
C) pardas - la ficocianina - la carragenina.
D) rojas - la fucoxantina - la laminarina.
E) euglenofitas - el β caroteno - la fucoidina.

Resolución

Las clorofitas son algas verdes que contienen como pigmento accesorio al β caroteno, que es común con las otras algas y almacena como producto de la fotosíntesis al almidón en forma de gránulos.

Clave: A

Pregunta 10

El ficocoloide denominado agar, empleado en la industria lechera, textil y perfumería, se encuentra en algas agarofíticas como

A) *Ulva*.
B) *Gelidium*.
C) *Macrocystis*.
D) *Laminaria*.
E) *Gymnodinium*.

Resolución

Una especie perteneciente a la división *Rodophyta* productora de agar para un aprovechamiento industrial es *Gelidium*, el agar es empleado también en el campo de la bacteriología, para la elaboración de los medios de cultivos de bacterias.

Clave: B

Pregunta 11

Es uno de los organismos eucarióticos fotosintéticos que sostiene la vida en el mar.

A) musgos
B) helechos
C) diatomeas
D) elodea
E) cochayuyo

Resolución

Los mares contienen, en sus aguas saladas, algas como las diatomeas que sostienen la vida en el mar. Las diatomeas son algas unicelulares o coloniales, con una pared celular compuesta principalmente de silicatos. Estos microorganismos fotosintéticos son uno de los principales productores de la cadena alimenticia en los mares.

Clave: C

Pregunta 12

Las macroalgas con fucoxantina que habitan únicamente los mares y presentan estructuras anatómicas semejantes a las plantas terrestres, reciben el nombre de

A) clorofitas.
B) rodofitas.
C) euglenofitas.
D) crisofitas.
E) feofitas.

Lumbreras Editores

Resolución

Las feofitas o algas pardas son macroalgas que presentan el pigmento fucoxantina, de coloración parda, que enmascara a la clorofila y su cuerpo está diferenciado en un disco de fijación, cauloides y filoides. Las feofitas se encuentran en los mares formando grandes lechos con algas mayores de 40 metros.

Clave: E

Pregunta 13

Las algas verde-azules o cianofitas no integran el reino protista porque estos últimos se caracterizan por ser

A) autótrofos.
B) eucariotas.
C) unicelulares.
D) quimiótrofos.
E) pluricelulares.

Resolución

El reino protista está integrado por algas y protozoarios, todos ellos eucariotas, autótrofos o heterótrofos. Las algas que integran este reino pueden ser unicelulares, como euglena, o pluricelulares, como *Macrocystis*.

Clave: B

Pregunta 14

El pigmento que comparten las algas clorofitas y feofitas es

A) clorofila a.
B) fucoxantina.
C) ficocianina.
D) ficoeritrina.
E) ficobilinas.

Resolución

Las algas pueden presentar diferentes coloraciones, todo ello debido a los diferentes pigmentos accesorios y al pigmento fotosintético que se encuentra presente en sus cromoplastos. En las algas el pigmento común es la clorofila a, que puede estar enmascarado por otros pigmentos, como la fucoxantina (pardo).

Clave: A

Pregunta 15

Las euglenofitas son organismos unicelulares y móviles, en las que se distinguen estructuras celulares como

A) teca.
B) cilios.
C) pared de sílice.
D) pared celulosica.
E) gránulos de Paramilo.

Resolución

Producto de la fotosíntesis, las euglenofitas sintetizan sustancias de reserva para luego formar gránulos de Paramilo. Estos gránulos se encuentran fuera de los cloroplastos y son similares al almidón.

Clave: E

Pregunta 16

Grupo de algas que carecen de centriolos verdaderos y por consiguiente de células móviles.

A) euglenofitas
B) crisofitas
C) clorofitas
D) rodofitas
E) feofitas

Resolución

Las algas rodofitas carecen de células móviles de cualquier tipo. Sus gametos masculinos no presentan flagelos, por ello son denominados espermacios. Las algas rojas son una fuente de agar para la industria.

Clave: D

Lumbreras Editores

Pregunta 17

Las ..... pueden establecer simbiosis con los hongos, originando hongos liquenizados.

A) algas rojas
B) algas verdes
C) algas pardas
D) algas doradas
E) euglenofitas

Resolución

Los hongos liquenizados son una simbiosis de las algas clorofitas o cianofitas con los hongos. Esta simbiosis permite a ambos organismos subsistir en medios muy adversos. Los líquenes se constituyen en los pioneros en una sucesión ecológica primaria.

Clave: B

Pregunta 18

Las algas componentes del fitoplancton marino causantes de las llamadas mareas rojas, cuando aumenta la temperatura del agua, son

A) las algas rojas.
B) las algas pardas.
C) las diatomeas.
D) los dinoflagelados.
E) los euglenofitos.

Resolución

Los dinoflagelados son algas pirrofitas muy importantes en el fitoplancton marino y causan las mareas rojas, cuando aumenta su población debido a un aumento de la temperatura del agua y de las horas de sol.

Clave: D

Pregunta 19

En las macroalgas, como *Macrocystis*, se pueden observar un cuerpo formado por un rizoide, cauloide y filoides; además una estructura con aire denominado

A) vacuola.
B) rafe.
C) neumatóforo.
D) nódulo.
E) cromatóforos.

Resolución

Los neumatóforos son estructuras que se encuentran en la base del filoide y le permite a esta macroalga, que puede alcanzar los 40 m, mantenerse erguido por debajo del nivel del mar, ya que funciona como un flotador.

Clave: C

Pregunta 20

Las ..... carecen de células especializadas encargadas de conducir agua al interior de su talo.

A) clorofitas
B) pteridofitas
C) antofitas
D) coníferas
E) espermatofitas

Resolución

Las clorofitas son algas que pueden presentar un talo laminar o filamentoso, pero son carentes de un tejido transportador de agua en su interior. Algunas pueden presentar un disco de fijación, pero no presentan órganos de absorción o transporte de agua.

Clave: A

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Grupo de algas predominantemente marinas con pared celular compuesta de celulosa, pectina, agar, carragenina y manano.

   A) *Chlorophyta* B) *Pirrophyta*
   C) *Crisophyta*
   D) *Phaeophyta* E) *Rodophyta*

2. Seleccione dos características que corresponden a las algas *Pheophytas*.

   I. Presentan alternancia de generaciones.
   II. Almacenan glucógeno como reserva nutritiva.
   III. Contiene pigmentos como fucoxantina y xantofilas.
   IV. Predominantemente dulceacuícola.

   A) I - II B) I - III C) II - III
   D) II - IV E) III - IV

3. Respecto a las algas, señale la relación correcta entre organismo y división.

   A) "lechuga de mar" - *Chrysophyta*
   B) "yuyo" - *Pheophyta*
   C) "sargazo" - *Chlorophyta*
   D) "sargazo" - *Pheophyta*
   E) "kelp" - *Rodophyta*

4. La "tierra de diatomeas" es muy estimada en la industria para fabricar filtros de aceites, aclarador de solventes y sustancias de pulimento, estos insumos son restos de algas que pertenecen a la división

   A) *Clorophyta.* B) *Rodophyta.*
   C) *Crisophyta.*
   D) *Pirrophyta.* E) *Euglenophyta.*

5. Los organismos fotosintetizadores con mayor diversidad de especies pertenecen a la división

   A) clorofíceas.
   B) rodofíceas.
   C) feofíceas.
   D) crisofíceas.
   E) euglenofíceas.

6. El reino protista está integrado por organismos autótrofos fotosintéticos, unicelulares como

   A) *Nostoc.*
   B) Euglena.
   C) *Ulva.*
   D) *Macrocystis.*
   E) *Spirogyra.*

7. Una diferencia fundamental entre algas doradas y verdiazules es la presencia de ..... en las primeras.

   A) clorofila a
   B) β caroteno
   C) núcleo
   D) pared celular
   E) glucógeno

8. Las algas superiores son consideradas dentro del reino plantae por Whittaker por ser

   A) autótrofo fotosintético.
   B) heterótrofo saprofítico.
   C) organismo multicelular.
   D) organismo terrestre.
   E) organismo eucariótico.

Lumbreras Editores

9. Las *Rodophytas* comparten con las *Cianophytas* características, como la presencia de

A) almidón de florídeas.
B) ácido algínico.
C) celulosa y pectina.
D) laminarina.
E) ficoeritrina y ficocianina.

10. Un pigmento común entre las diversas algas es la

A) clorofila a. B) clorofila b.
C) clorofila c.
D) fucoxantina. E) ficoeritrina.

11. En la costa peruana la alimentación a base de peces ha incluido algas como ....., del filum Rodofita, en sus preparaciones.

A) la lechuga de mar
B) el yuyo
C) el cushuro
D) el sargazo
E) el nori

12. Grupo de algas en donde la abundancia de su protoplasma excede en masa total el de todas las plantas combinadas.

A) algas pardas
B) algas rojas
C) euglenofitas
D) diatomeas
E) dinoflagelados

13. Las diatomeas son designadas como "hierba del mar" debido a que

A) su talo presenta rizoide, cauloide y filoides.
B) su crecimiento es sobre el fondo marino.
C) son de consumo humano como el yuyo.
D) presentan talo laminar verde y de crecimiento en el litoral.
E) son los productores principales de alimento primario de los mares.

14. Algas que contienen al carbohidrato laminarina como reserva alimenticia disuelto en el citoplasma

A) *Euglenophyta*
B) *Chlorophyta*
C) *Rhodophyta*
D) *Phaeophyta*
E) *Pirrophyta*

15. El mar de los Sargazos están formados por algas ..... que flotan en la superficie del agua en el océano Atlántico.

A) verdes B) doradas
C) rojas
D) pardas E) verde azules

16. Las ..... son fuente de ..... que se utilizan en la producción de caucho, pintura, helados y dulces.

A) diatomeas - sílice
B) feofitas - alginato
C) clorofitas - almidón
D) pirrofitas - xantofila
E) euglenofitas - pirenoide

17. Organismo unicelular que tiene capacidad de experimentar cambios reversibles entre las formas heterótrofas y autótrofas.

A) *Entamoeba* B) *Euglena*
C) *Navicula*
D) *Paramecium* E) *Giardia*

Lumbreras Editores

18. Los dinoflagelados tienen como producto de asimilación ....., que se almacena en el exterior de los cloroplastos.

A) laminarina
B) celulosa
C) Paramilo
D) pirenoide
E) almidón

19. Son características de los rodofitos:

I. Le faltan por completo auténticos tejidos.
II. La sustancia de reserva se denomina Paramilo.
III. Le faltan en ellos formas o estados flagelados.
IV. Su coloración se debe principalmente a la fucoxantina.

A) I - II B) I - III C) II - III
D) II - IV E) III - IV

20. Acerca de las *Chlorophyta* marque verdadero (V) o falso (F) y elija la alternativa correcta.

I. Presentan especies en casi todos los niveles de organización.
II. La pared celular contiene principalmente silicatos.
III. Tiene importancia industrial por la producción de Agar.
IV. Contienen clorofilas a, b, c y d.

A) VFVF B) VVFF C) FFFV
D) FVFV E) VFFF

21. Indique la relación correcta entre alga y sustancia de reserva

A) feofitas - laminarina
B) crisofitas - almidón
C) pirrofitas - glucógeno
D) clorofitas - celulosa
E) rodofitas - agar

22. Los pirenoides son estructuras intraplastidiales, que se encuentran relacionadas con el almacenamiento de

A) clorofila.
B) proteínas.
C) polisacáridos.
D) ácidos grasos.
E) nucleótidos.

23. Las especies comestibles del filo clorofita pertenecen al género

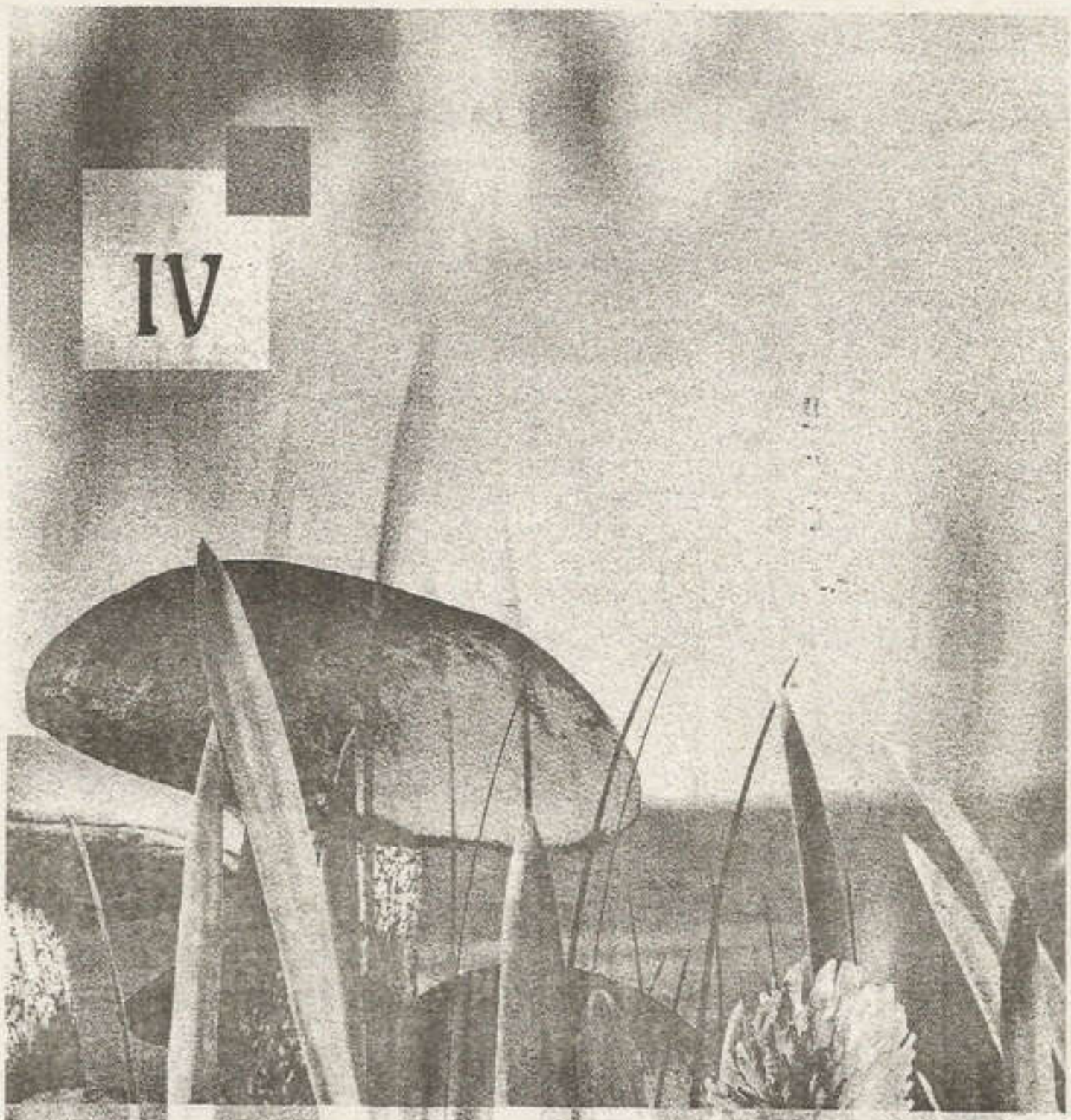
A) *Gigartina*.
B) *Ulva*.
C) *Macrocystis*.
D) *Porphyra*.
E) *Spirogyra*.

24. La presencia de una mancha ocular cerca del punto de inserción de los flagelos se encuentra en algas del género.

A) *Paramecium*.
B) Entamoeba.
C) *Plasmodium*.
D) Euglena.
E) Trypanosoma.

Lumbreras Editores

IV



Reino Fungi

twitter.com/calapenshko

ROGER ANGEL MORALES CAUTI

CAPÍTULO VIII

HONGOS

Objetivos

- Conocer las características generales de los organismos del reino fungi.
- Valorar la importancia ecológica industrial, nutricional, médica, agrícola y farmacológica de los hongos.
- Diferenciar los diversos *filo* de hongos.

Introducción

Se ha demostrado que los hongos son el grupo de organismos más numeroso en la Tierra, después de los insectos. En efecto, se calcula que hay más de 1 500 000 especies de hongos, por lo que su impacto en el medio es enorme. La diversidad de estos organismos favorece que se desarrollen en un sinfín de hábitats, por lo que bien se dice que los hongos están en todas partes. ¿Quién no ha visto un moho crecer sobre los alimentos, bebidas, frutas, ropa, muebles, papel, cortinas de baño, paredes, etc.? Los seres humanos contactamos con ellos a diario. Al comer queso fresco o queso andino incorporamos variedades de *Penicilium*. Cuando ingerimos pan manteca o francés incorporamos levaduras. Las que también se encuentran en uvas chinchanas, ya sean las verdes, las negras o las borgoña, las vemos como una capa blanquecina en la superficie de la cáscara y estableceremos relaciones con ellos hasta la muerte, ya que participan en nuestra desintegración.

Los hongos se comunican mediante feromonas. Estas sustancias se unen a un receptor compatible. Por ejemplo, influyen en el crecimiento de hifas y en la unión de estas durante la reproducción sexual.

1▸ Características

Los hongos son organismos eucarióticos constituidos por células que poseen orgánulos membranosos y núcleo rodeado por membrana. Pueden ser unicelulares como las levaduras o pluricelulares como las setas. Son heterótrofos, no pueden fotosintetizar por carecer de clorofila y, por lo tanto, deben utilizar el carbono de los compuestos orgánicos.

Las células tienen pared celular quitinosa, membrana con ergosterol, citoplasma sin cloroplasto y núcleos haploides (n).

Su nutrición es generalmente absortiva lisotrófica, ya que liberan enzimas digestivas sobre el alimento (exoenzimas) realizando digestión extracelular, para luego absorber sus nutrientes.

Requieren humedad para existir; cuando el medio se torna seco, los hongos sobreviven entrando en una fase latente o produciendo esporas resistentes.

La mayoría de los hongos almacenan alimentos como glucógeno, igual que los animales, a diferencia de las plantas que almacenan almidón. Toleran amplios rangos de pH y son poco sensibles a las presiones osmóticas, por lo cual soportan soluciones salinas o azucaradas concentradas.

La estructura corporal de los hongos consiste en la aglomeración de filamentos, conocidos como las hifas, que en conjunto forman micelios.

Incluye una gran variedad de tipos celulares con diferentes formas, simples o complejos, móviles o inmóviles, parásitos, simbiontes o saprofitos, macroscópicos o microscópicos.

2▸ Importancia

2.1. Ecológica

Las levaduras y los mohos participan en la descomposición de la materia orgánica, por ello se les llama recicladores o recirculadores de la materia juntamente con las bacterias. Intervienen en los ciclos biogeoquímicos aumentando la fertilidad del suelo, sobre todo en el ciclo del nitrógeno.

Algunos hongos se encargan de separar las largas cadenas de celulosa y atacar a la lignina. Otros hongos y bacterias termófilas terminan de descomponer la materia orgánica. Los hongos, al tener estructura filamentosa, cumplen también una función importante en la sujeción del terreno.

2.2. Nutricional

Los hongos sirven de alimento tanto a los animales como al hombre. Son abundantes en vitaminas del complejo B y en el polisacárido llamado glucógeno. Dentro de los hongos comestibles más conocidos tenemos a los champiñones, que son hongos del género *Agaricus*, y las trufas, constituidas por ascomicetos.

Lumbreras Editores

2.3. INDUSTRIAL

Los hongos más utilizados industrialmente son las levaduras. Se usan en la elaboración de pan, quesos, vinos y cervezas. Otros hongos como *Aspergillus niger* se usan en la producción comercial de ácidos orgánicos como el ácido cítrico.

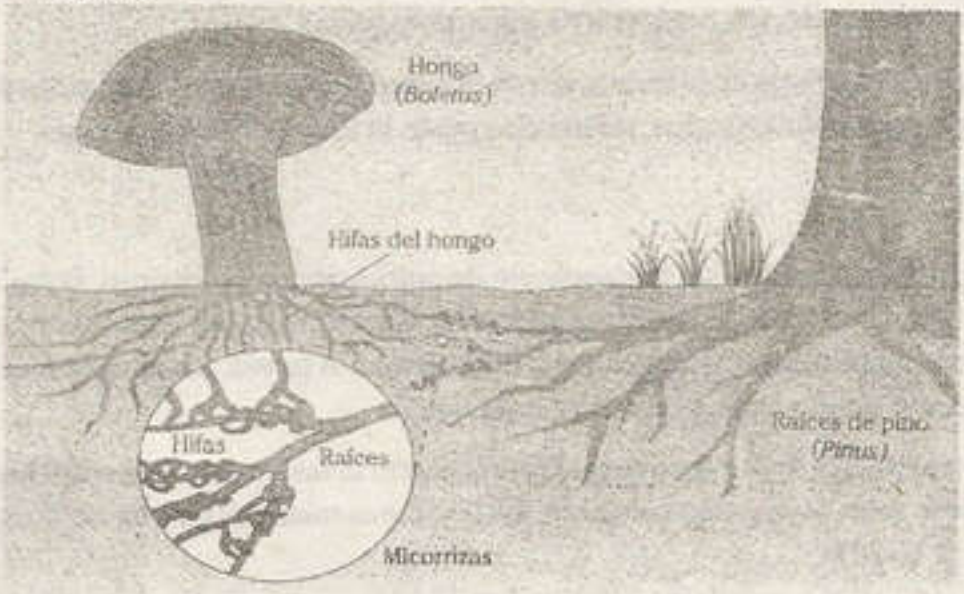
2.4. MÉDICA

Muchos hongos son agentes causantes de enfermedades en el hombre. Los llamados dermatofitos o dermatomicetes invaden la piel, las uñas y el cuero cabelludo del hombre. *Trichophyton mentagrophytes* ocasiona la tiña corporal, mientras que *Trichophyton rubrum* y *Epidermophyton floccosum* el pie de atleta. La candidiasis, ocasionada por el hongo llamado *Candida albicans*, causa lesiones en la boca, llamado algodoncillo o muguet en los niños, también lesiona los bronquios y los pulmones; en las mujeres puede ocasionar lesiones vaginales. Otra enfermedad de tipo micosis sistémica es la criptococosis o blastomicosis, se caracteriza por lesiones en el cerebro y las meninges, principalmente, también puede afectar los pulmones, la piel y otras partes del cuerpo.

2.5. AGRÍCOLA

Dentro de los hongos que generan un mayor y mejor desarrollo de las plantas tenemos a los que constituyen las micorrizas (del griego *mykes*= hongo y *rhiza*= raíz). La micorriza se define como un órgano compuesto por la asociación simbiótica entre las hifas de algunos hongos y las raíces de las plantas vasculares, aunque también pueden asociarse dichas hifas con los rizoides de las briofitas. En la asociación micorrícica la planta autotrófica proporciona los compuestos carbonados procedentes de la fotosíntesis al hongo heterotrófico. Los hongos derivan agua y minerales esenciales del suelo, que después de pasar por los tejidos fúngicos son incorporados a los tejidos de las plantas.

MICORRIZA



Dentro de los hongos que afectan a las plantas podemos destacar algunos que ocasionan daños leves y otros que ocasionan la completa destrucción y muerte de los tejidos invadidos. Así como las bacterias y virus atacan a los animales, los hongos destacan como los principales agentes que atacan a las plantas, más del 75% de las enfermedades de las plantas las causan los hongos.

Las enfermedades causadas por hongos, generalmente, han sido denominadas con base en los síntomas o aspecto de la planta enferma y según la apariencia de la estructura fúngica: los tizones, los marchitamientos, las pudriciones y los cánceres son ejemplos de los primeros; las royas, los carbones, los mildius y las cenicillas son ejemplos de los segundos.

2.6. SOCIAL

Desde el punto de vista social, los hongos han sido utilizados por el hombre en ceremonias religiosas desde los inicios de la civilización. *Amanita muscaria*, el vistoso hongo de sombrerito rojo con motitas blancas, fue empleado por los antiguos pueblos de la India como su dios, el llamado Soma. Dicha costumbre se extendió a Europa y a Siberia y de esta última llegó a América, en donde se conservó su uso hasta hace poco entre los indígenas del NE de EE. UU. y del Canadá. El uso de *Amanita muscaria* en México estuvo arraigado en varios grupos étnicos incluyendo los Mayas, pero fue sustituido por el empleo de las especies de *Psilocybe*, los famosos hongos alucinógenos o sagrados, tan arraigados en el estado de Oaxaca, México, en la década de los cincuenta.

Limbreras Editores

3. CÉLULA FÚNGICA

3.1. PARED CELULAR

Es una estructura con gran plasticidad, que da forma a la célula, controla la permeabilidad celular y la protege de los cambios osmóticos. Constituye el lugar de interacción con el medio externo, localizándose en ella un gran número de receptores que, tras su activación, desencadenarán una compleja cascada de señales en el interior de la célula, mecanismo que puede estar relacionado con el desarrollo de la acción patógena de algunas especies.

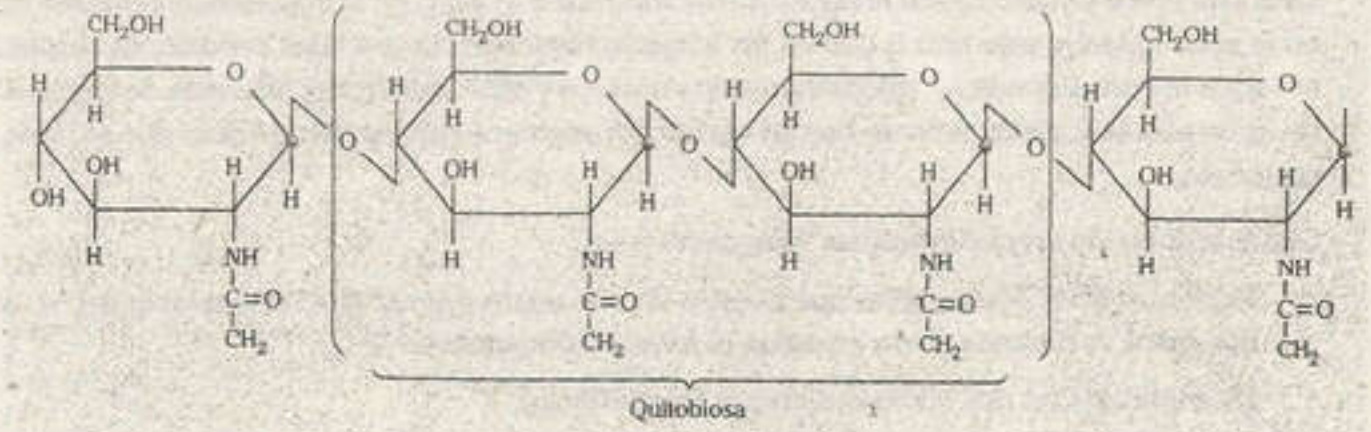
La eliminación o los errores en la formación de la pared tienen efectos profundos en el crecimiento y la morfología de la célula fúngica, pudiendo causar la muerte celular por lisis.

3.1.1. Composición

La pared fúngica está compuesta básicamente de polisacáridos y proteínas. Entre los polisacáridos destacan la quitina, el glucano y el manano (o el galactomanano). Las proteínas generalmente están asociadas a polisacáridos formando glicoproteínas. A su vez, todos estos componentes están asociados entre sí dando lugar a una estructura rígida.

El contenido en quitina de la pared fúngica varía según la fase morfológica del hongo. Representa el 1-2% del peso seco de la pared celular de las levaduras mientras que en los hongos filamentosos puede llegar al 10-20%.

FRAGMENTO DE QUITINA



La quitina está constituida por el disacárido quitobiosa (entre las llaves en el esquema) formado por la unión 1β→4 de moléculas de β-D N-acetilglucosamina.

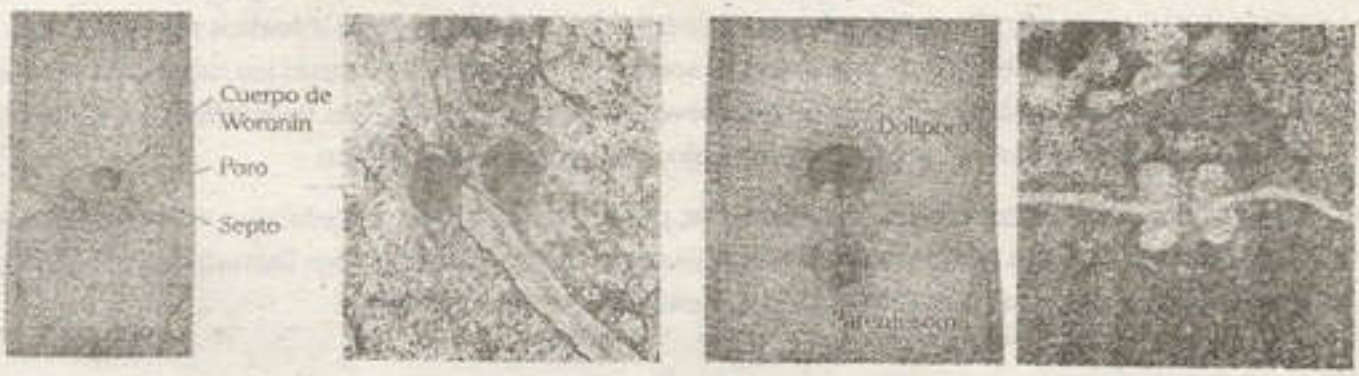
3.2. MEMBRANA FÚNGICA

Está compuesta, principalmente, por lípidos y proteínas en cantidades aproximadamente iguales. Algunas de las proteínas juegan un rol estructural, pero la mayoría son permeasas. Los principales lípidos que la constituyen son los fosfolípidos y esfingolípidos. También se encuentran los esteroles, entre ellos el más importante es el ergosterol, llamado también micosterol, a diferencia de los esteroles de la membrana de los mamíferos cuyo componente principal es el colesterol. La presencia de ergosterol en las membranas de las células de los hongos, junto con su ausencia en las membranas de las células animales, convierte a esta sustancia en un objetivo útil para las drogas antifúngicas.

3.3. CITOPLASMA

Presenta ribosomas 80 S, mitocondrias, aparato de Golgi, retículo endoplásmatico, vacuolas, cuerpos lipídicos, gránulos de glucógeno (sustancia de reserva).

Además presentan corpúsculo polar del huso (encargado de la formación del huso acromático), corpúsculos de Woronin (estructuras que bloquean las areolas que hay a nivel de la pared celular entre célula y célula, y favorecen los procesos de crecimiento) y quitosomas que son orgánulos que contienen quitina sintetasa involucradas en la síntesis de microfibrillas de quitina pudiendo observárseles en el extremo apical de las hifas.



3.4. NÚCLEO

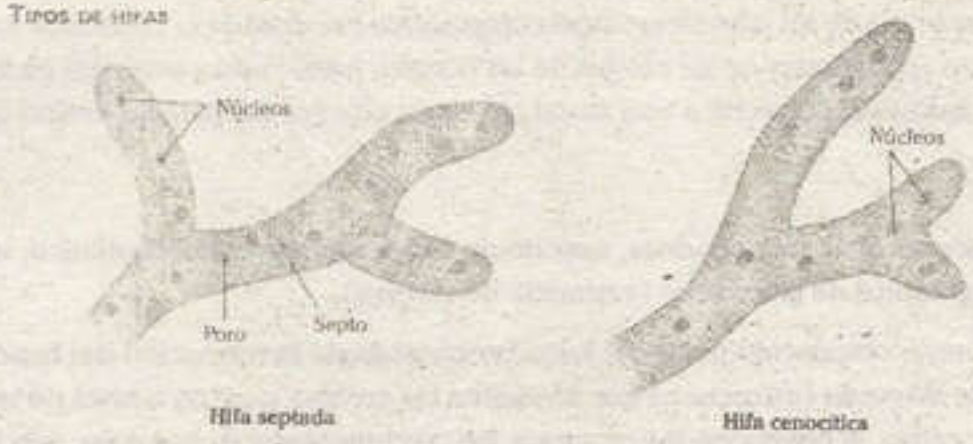
Los núcleos de los hongos son pequeños (2-3 micras de diámetro), poseen doble membrana nuclear con poros y suelen distribuirse en forma irregular a lo largo de la hifa, frecuentemente varios en la zona apical y solo uno o dos en las zonas subapicales. En las hifas cenocíticas se pueden observar regiones donde se aglomeran varios núcleos y otras donde hay ausencia de núcleos. En las hifas tabicadas generalmente hay un núcleo por segmento y luego de la fusión dos núcleos por segmento.

Según la dotación cromosómica las hifas pueden ser:

- Monocarióticas. Son aquellas que poseen un solo núcleo, generalmente haploide (n), en algunos casos es diploide (2n) y se utiliza el término sincariótico.
- Dicarióticas. Con dos núcleos, siempre haploides (n).

3.5. HIFAS Y MICELIOS

La hifa es una fibra muy fina constituida por células diferenciables llamadas tabicadas o por células indiferenciables denominadas cenocíticas. Las hifas de los hongos inferiores no son septadas (no presentan divisiones), por lo que se dice que tienen organización sifonal. En los hongos superiores presentan septos, divididos en cámaras y células, pero con perforaciones, por lo que también en estos hongos el plasma forma un continuo.



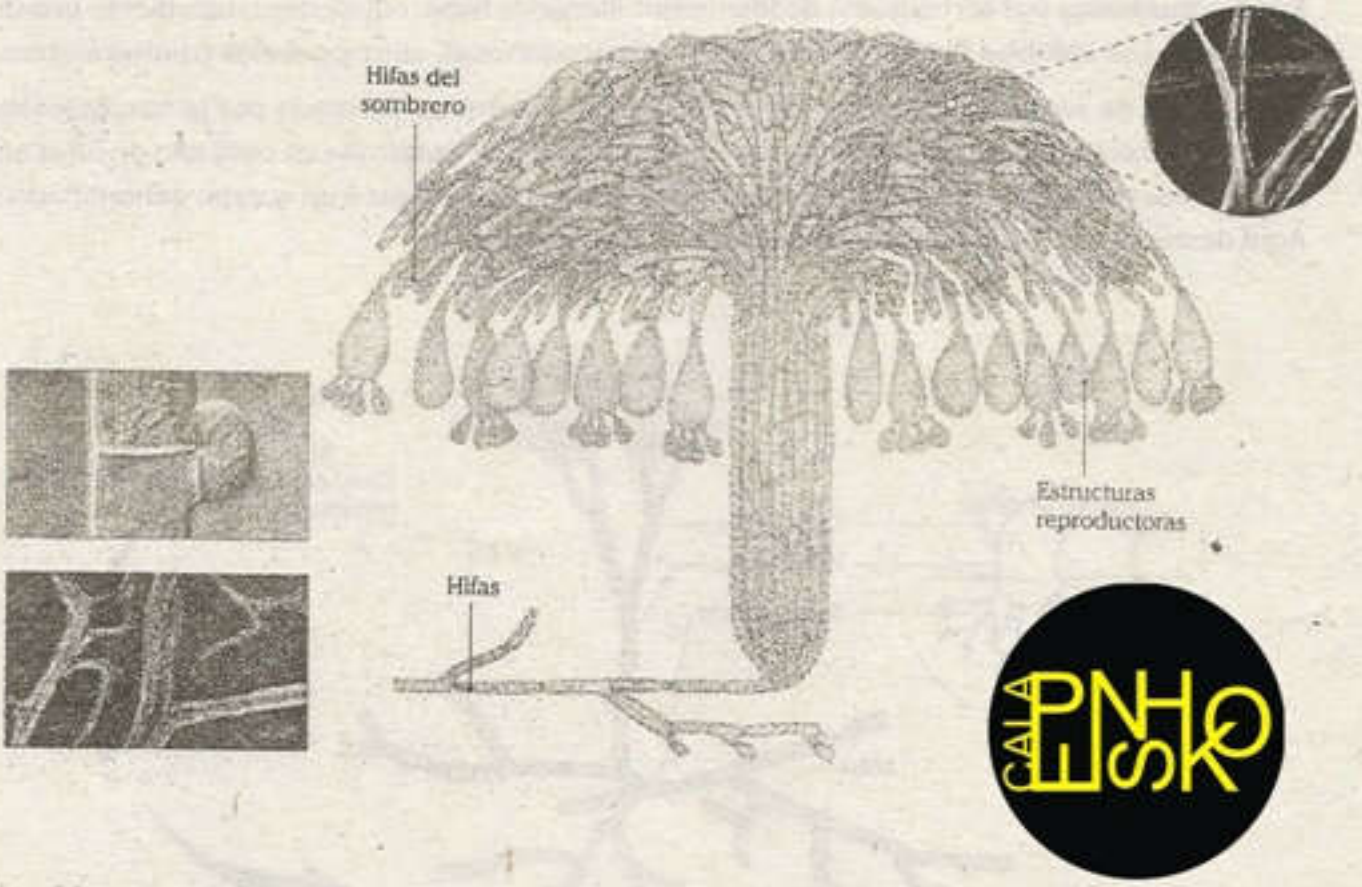
Hifa septada

Hifa cenocítica

El micelio es la masa de hifas que constituye el cuerpo vegetativo de un hongo. Dependiendo de su crecimiento se clasifican en reproductores (aéreos) o vegetativos. Los micelios reproductores crecen hacia la superficie externa del medio y son los encargados de formar los orgánulos reproductores (endosporios) para la formación de nuevos micelios. Los micelios vegetativos se encargan de la absorción de nutrientes, crecen hacia abajo, para cumplir su función.

Algunos hongos no tienen estructura miceliar, por el contrario son unicelulares, como es el caso de las levaduras. Muchos hongos superiores presentan tejidos entrelazados llamados plecténquimas, que resultan de la compactación de los micelios en cuerpos macizos.

MICELIO



3. MORFOLOGÍA Y ESTRUCTURA

Los hongos presentan una morfología variada. En la naturaleza pueden encontrarse formas muy simples unicelulares, como las levaduras, y formas filamentosas multinucleadas que incluso pueden llegar a ser muy complejas, como los denominados hongos de sombrero.

3.1. LEVADURAS

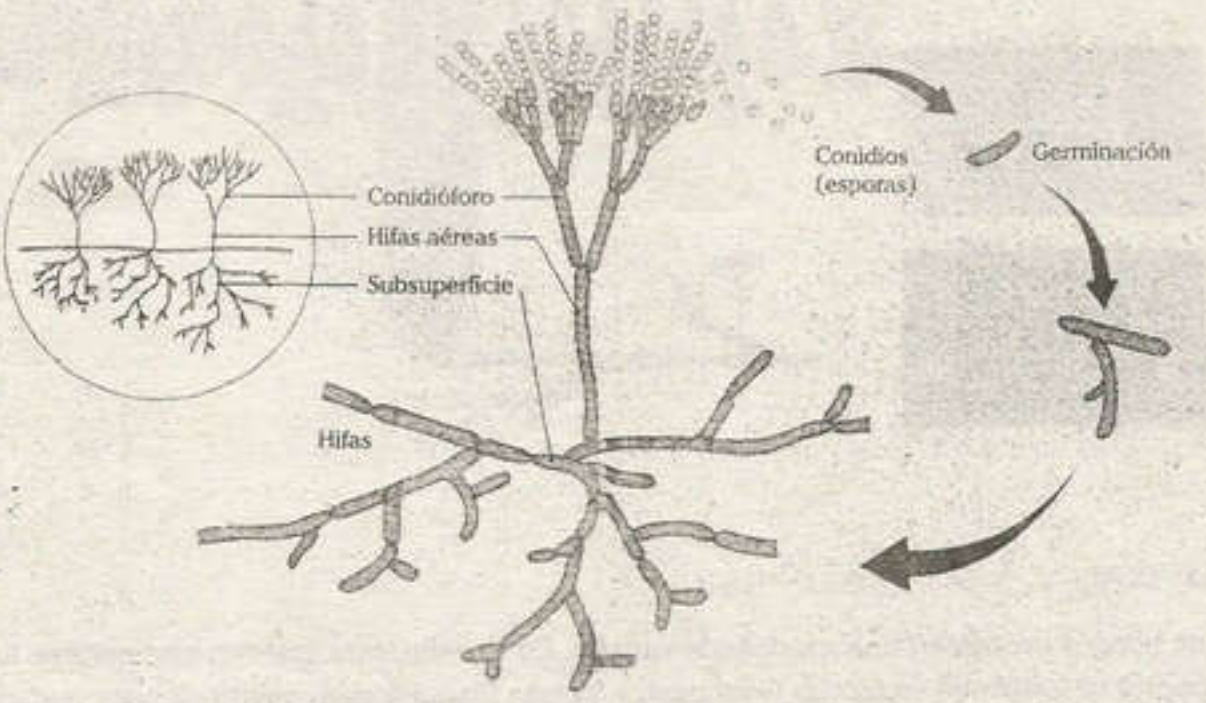
Son hongos unicelulares. Pueden ser esféricas, ovoides, elípticas, cilíndricas o muy alargadas. Sus dimensiones varían entre 3-10 micras de ancho a 5-30 micras de largo, encontrándose aisladas la mayor parte del tiempo. Una de las levaduras más conocidas es la especie *Saccharomyces cerevisiae*. Esta levadura tiene la facultad de crecer en forma anaerobia realizando fermentación alcohólica.

Las levaduras se reproducen asexualmente por gemación o brotación y sexualmente mediante ascosporas o basidiosporas. Durante la reproducción asexual, una nueva yema surge de la levadura madre cuando se dan las condiciones adecuadas, tras lo cual la yema se separa de la madre al alcanzar un tamaño adulto. En condiciones de escasez de nutrientes las levaduras son capaces de reproducirse sexualmente.

4.2. HONGOS FILAMENTOSOS

Están constituidos por un conjunto de filamentos llamados hifas, cuyo entrecruzamiento constituye el micelio. Las colonias filamentosas pueden ser algodonosas, aterciopeladas o pulverulentas.

Los hongos de sombrero presentan una estructura subterránea formada por la ramificación y el entrecruzamiento de las hifas del micelio. A partir de este se desarrolla un conjunto de hifas aéreas ramificadas que aumentan de tamaño y se diferencian, dando lugar a un cuerpo denominado seta. Aquí destacan los hongos comestibles como el champignon.



4.3. SETAS

Son basidiomicetos filamentosos que forman cuerpos fructíferos comestibles. Cuando las condiciones del medio son favorables, generalmente períodos húmedos y fríos, estas setas se desarrollan formando un sombrerillo que en su parte superior presenta laminillas.

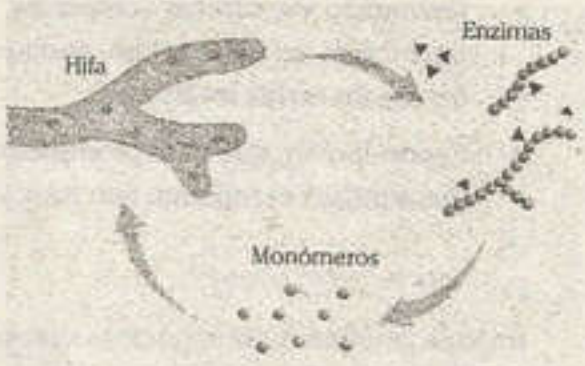
Amanita es una seta muy venenosa mientras que *Agaricus* es comestible.

Para el cultivo de las setas, se debe preparar el suelo con materia orgánica como por ejemplo estiércol de caballo. Luego de varias semanas se induce la formación de setas añadiendo una capa de suelo sobre el cultivo inicial. Finalmente se debe cosechar cuando aparezcan los brotes, mientras aún las setas estén frescas.

5 ▸ NUTRICIÓN

Todos los hongos son heterótrofos, es decir, incapaces de producir sus alimentos a partir de moléculas inorgánicas. Presentan una nutrición absortiva lisotrófica, porque producen y secretan enzimas digestivas sobre moléculas orgánicas, realizando digestión extracelular; estas enzimas digestivas son llamadas exoenzimas porque actúan fuera del organismo. Luego realizan la absorción de moléculas inorgánicas, por difusión simple, y la absorción de moléculas orgánicas, por difusión facilitada. A este tipo de nutrición también se le llama saprobiótica, en la que los organismos muertos son descompuestos gradualmente por enzimas extracelulares secretadas por las hifas fungales.

Algunos hongos son parásitos facultativos y unos pocos son parásitos obligados. Los hongos parásitos viven a expensas de otros seres vivos, causándoles daños, pero no la muerte. Dentro de este grupo se encuentran los dermatofitos, hongos que afectan las pieles de los vertebrados. También existen hongos simbióticos que extraen o se benefician de sustancias orgánicas de su hospedador, pero que a su vez le proporcionan materiales o condiciones favorables, como es el caso de los 'boletos', las trufas.



Para el desarrollo de los hongos también pueden intervenir muchos otros factores: radiaciones, aireación, CO_2, etc. Algunos hongos son estimulados a crecer por la luz, pero otros no.

En el laboratorio pueden crecer en estática o agitación (condiciones de cultivo que incrementan mucho el aporte de O_2 y, en general, aumenta el crecimiento).

6 ▸ REPRODUCCIÓN

La reproducción sexual y asexual ocurre mediante esporas. Estas esporas:

- Se originan a partir del micelio aéreo.
- Pueden ser uni o pluricelulares.
- Pueden originarse en el interior de las hifas o en su extremo libre.
- Pueden ser de desarrollo o de resistencia, ya que no solo favorecen la reproducción del hongo sino también lo ayudan a sobrevivir en condiciones adversas, como la deshidratación o la congelación.

6.1. REPRODUCCIÓN ASEXUAL

La forma más común de reproducción es la asexual, siendo la estructura básica de reproducción la espora, que se forma por gemación, fragmentación o diferenciación de las hifas. Las esporas asexuales son las estructuras más comúnmente observadas y las que se emplean para la identificación.

GEMACIÓN

- Fragmentación del soma, donde cada fragmento se transforma en un nuevo individuo, puede ser irregular o regular, la fragmentación regular da lugar a dos tipos muy importantes:
  - Artrosporas. Las hifas se descomponen en las células que las forman y se comportan como esporas.
  - Clamidosporas. Las hifas se fragmentan en las células y se recubren de una pared.
- Fisión o escisión de células somáticas para dar dos células hijas por constricción y formación de una pared celular.
- Gemación de células somáticas, con formación de una pequeña evaginación (yema), a la cual migra un núcleo hijo, cada yema crece y se separa produciendo un nuevo individuo. Es frecuente en las levaduras.
- Esporulación, que es la producción de esporas que germinan originando un tubo germinal que desarrollará el micelio. Son muy variables en forma, color, tamaño y número de células.

6.2. REPRODUCCIÓN SEXUAL

Implica la unión de dos núcleos compatibles y se realiza en las siguientes fases:

- Plasmogamia. Unión de los dos protoplastos y la reunión de los dos núcleos en una célula.
- Cariogamia. Unión de los dos núcleos, posterior a la plasmogamia.
- Meiosis. Paso al estado haploide.

Los gametangios son los órganos sexuales que producen células sexuales diferenciadas con uno o más núcleos gaméticos. Pueden ser de dos tipos:

- Isogametangios. Morfológicamente indistinguibles y producen isogametos también indistinguibles.
- Heterogametangios. Morfológicamente diferentes y producen heterogametos. Son de dos tipos:
  - Anteridios: masculinos.
  - Oogonios: femeninos.

La reproducción sexual solo tiene lugar (en la mayoría de especies de hongos) una vez al año y generalmente después de que el hongo ya se ha reproducido asexualmente muchas veces, originando varias generaciones nuevas. En la reproducción sexual también se forman esporas.

6.2.1. Tipos de reproducción sexual

- Copulación de planogametos, gametos flagelados.
- Contacto gametangial, los gametangios entran en contacto pero sin fusión, el núcleo masculino migra a través de un poro o tubo de fecundación hasta el gametangio femenino.
- Copulación gametangial, o gametangiogamia; los gametangios o sus protoplastos se fusionan dando lugar a un cigoto o espora de resistencia.

Lumbreras Editores

- Espermatización, plasmogamia producida por unión de un espermacio (gameto inmóvil uninucleado) con una estructura receptora.
- Somatogamia, fusión de células somáticas durante la plasmogamia.

En los ascomicetos el cuerpo fructificante se denomina ascocarpo y las estructuras donde se forman las esporas se denominan ascas (*ascum* = saco pequeño).

En los basidiomicetos el cuerpo fructificante se denomina basidiocarpo y las estructuras donde se forman las esporas se denominan basidios (*basis* = pedestal).

Los hongos en los que no existe reproducción sexual son clasificados como deuteromicetos, llamados tambien hongos imperfectos siendo el resto considerados como hongos perfectos.

7 ▸ Clasificación de los hongos

La clasificación tradicional de los hongos se basaba en las características de las esporas sexuales y cuerpos fructíferos. Actualmente se le da más importancia a la comparación de secuencias de ADN y ARN para determinar las relaciones entre ellos.

De esa manera los miembros del reino fungi se clasifican, generalmente, en cuatro grupos principales o *fila*: *Chytridiomycota*, *Zygomycota*, *Ascomycota* y *Basidiomycota*.

Un grupo adicional, los *Deuteromycota* u hongos imperfectos, incluye hongos cuya reproducción sexual generalmente se desconoce, ya sea porque se ha perdido en el curso de la evolución o porque no ha sido observada. Este grupo se considera arbitrario, ya que agrupa a organismos por tener en común una característica que está ausente. Este criterio no responde a una relación filogenética.

Se piensa que los hongos tienen un origen monofilético (protistas flagelados unicelulares) que dio lugar a tres linajes distintos: uno condujo hasta los quitridiomicetes modernos, un segundo llevó a los zigomicetes y un tercero llevó a los ascomicetes y basidiomicetes. Estos dos últimos grupos están más cercanamente relacionados entre sí respecto a los otros dos *fila* del reino fungi.

7.1. Quitridiomicetos

Estos hongos (*filum Chytridiomycota*) constituyen el grupo más primitivo. El nombre deriva de *Chytridium* (del griego *quitridio*, que significa 'cacerolita').

Las comparaciones moleculares de secuencias de bases de ADN y ARN demuestran que los quitridios no son protistas fungoides sino hongos primitivos, en el sentido de que probablemente fueron los primeros hongos en aparecer a partir de un protista flagelado.

Son mayormente saprofitos (degradan quitina y queratina). Muchos quitridios son acuáticos (la mayoría de agua dulce). Tanto las zoosporas como los gametos de los quitridios son uniflagelados (es una característica persistente desde su ancestro, un protozoo flagelado). Las hifas son cenocíticas y usualmente forman un pseudomicelio (que es en realidad un rizoide) y se reproducen sexual o asexualmente. Algunas especies son unicelulares. Al igual que otros hongos, la pared celular está compuesta de quitina.

Umbral Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

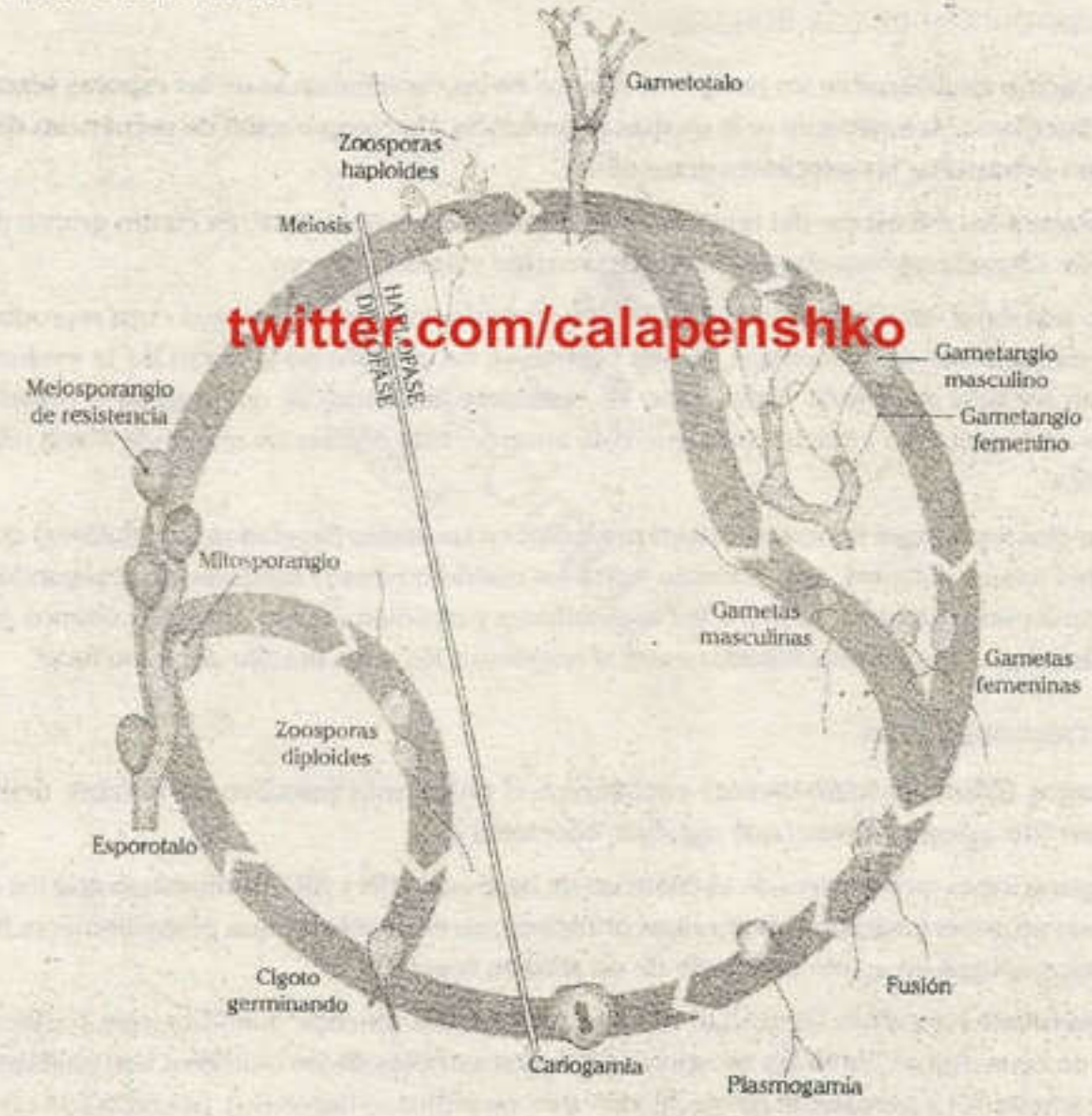
Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Algunos quitridios afectan y producen la muerte de anfibios. También infectan plantas, en particular el maíz y la alfalfa. *Synchytrium endobioticum* es un importante patógeno de la papa.

Allomyces es un quitridio con un ciclo de vida especial, en el que se observa una alternancia de generaciones, ya que una parte de su vida lo pasa como talo haploide (n) y otra como talo diploide (2n). El talo haploide tiene gametangios masculinos y femeninos en la punta de las ramas. Al fusionarse los gametos flagelados masculino (pequeño) y femenino (grande), generan un talo diploide que presenta dos tipos de receptáculos con esporas: zoosporangios y esporangios latentes. Los zoosporangios producen zoosporas diploides flageladas que van a originar talos diploides. Dentro de los esporangios latentes ocurre la meiosis y se forman zoosporas haploides, cada una de las cuales va a formar un talo haploide.

CICLO VITAL DE *ALLOMYCES*



twitter.com/calapenshko

Allomyces arbuscula posee la hormona sexual llamada sirenina, que atrae a los gametos masculinos hacia los femeninos.

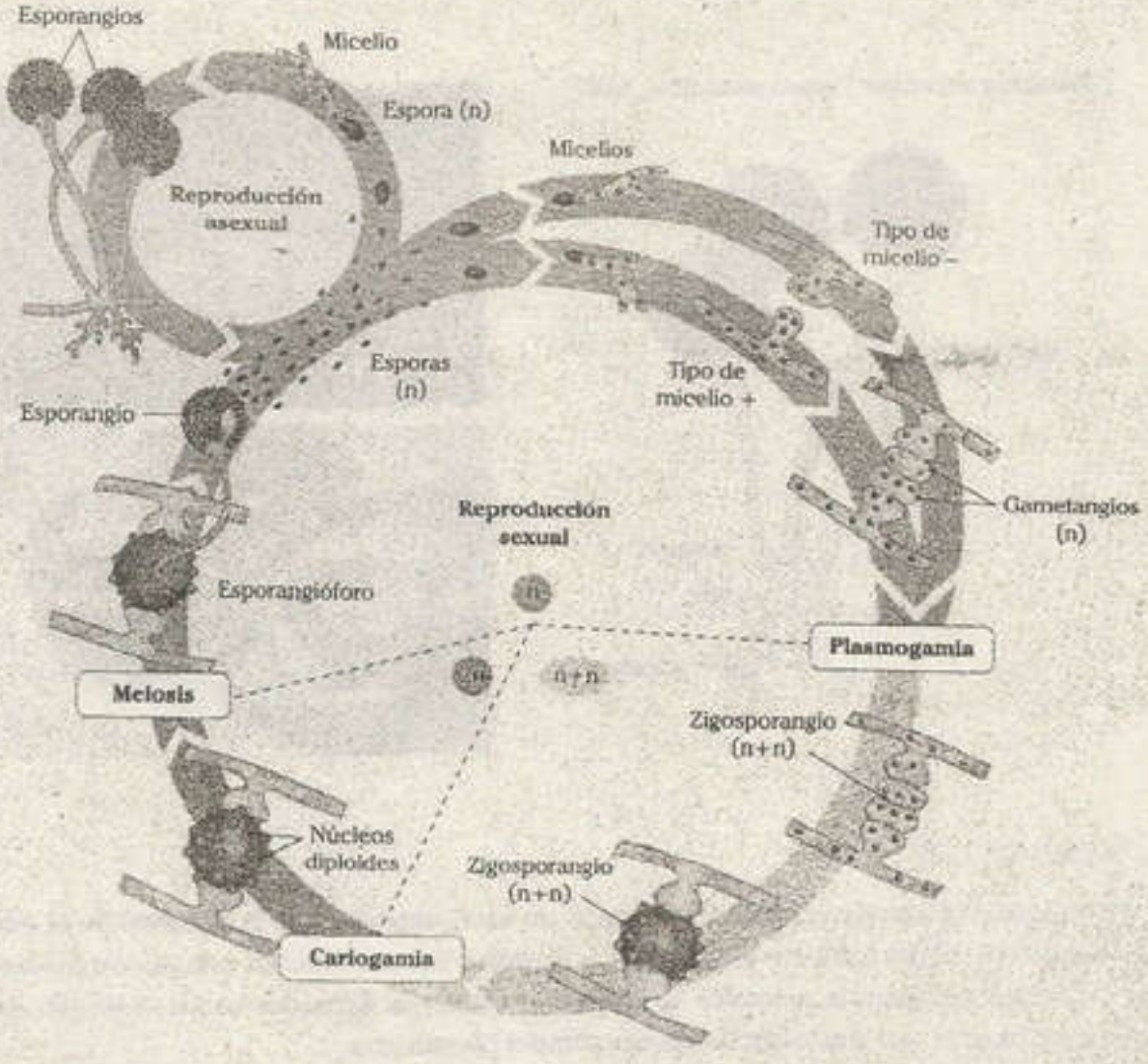
7.2. ZIGOMICETOS

Se llaman así porque las hifas especializadas de dos organismos distintos se puede unir para formar un cigoto que se convierte en una espora de pared gruesa llamada cigospora.

Son hongos filamentosos, con hifas cenocíticas que presentan septo solo a nivel de la zona reproductiva. Estos hongos (*filum Zygomycota*) no presentan ningún tipo de flagelo en sus esporas. Casi todos son descomponedores que viven en el suelo sobre materia animal o vegetal en descomposición. Algunos son parásitos de plantas y animales, otros micorrícicos.

Algunos géneros conocidos son: *Rhizopus*, *Mucor* y *Absidia*.

CICLO VITAL DE *RHIZOPUS*



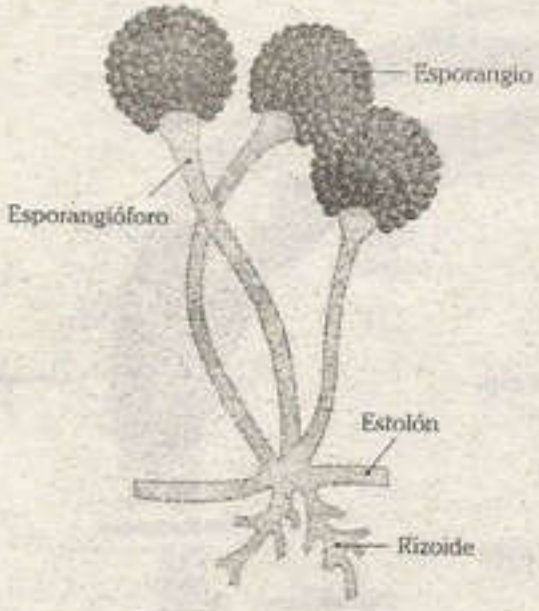
Rhizophus nigricans, el moho negro del pan, por lo general es saprófito, aunque también es un parásito de plantas como las fresas. Ciertos componentes químicos, como el propionato, tienden a retardar el deterioro del pan, debido a su acción sobre estos hongos. Otros hongos de este grupo son *Mucor*, *Absidia* y *Basidiobolus*.

La reproducción sexual de estos hongos se da cuando las hifas de dos tipos conjugantes distintos, designados como (+) y (–), entran en contacto. Este hongo es heterotálico, es decir, no se autofecunda. Al acercarse las puntas de dos hifas distintas se forman los gametangios. Luego, se fusionan los núcleos (+) y (–), y se forma el cigote que es rodeado por una gruesa capa protectora, la cigospora. Esta permanece latente por varios meses y es resistente a la desecación y a temperaturas extremas.

Cuando la cigospora germina, se desarrolla una hifa aérea con un esporangio que contiene esporas haploides. En el moho negro del pan solo el cigote es diploide, todas sus hifas y esporas asexuales son haploides.

Una especie de cigomiceto también es *Entomophthora muscae*, que se caracteriza por atacar a la mosca doméstica.

Rhizopus nigricans "moho negro del pan"



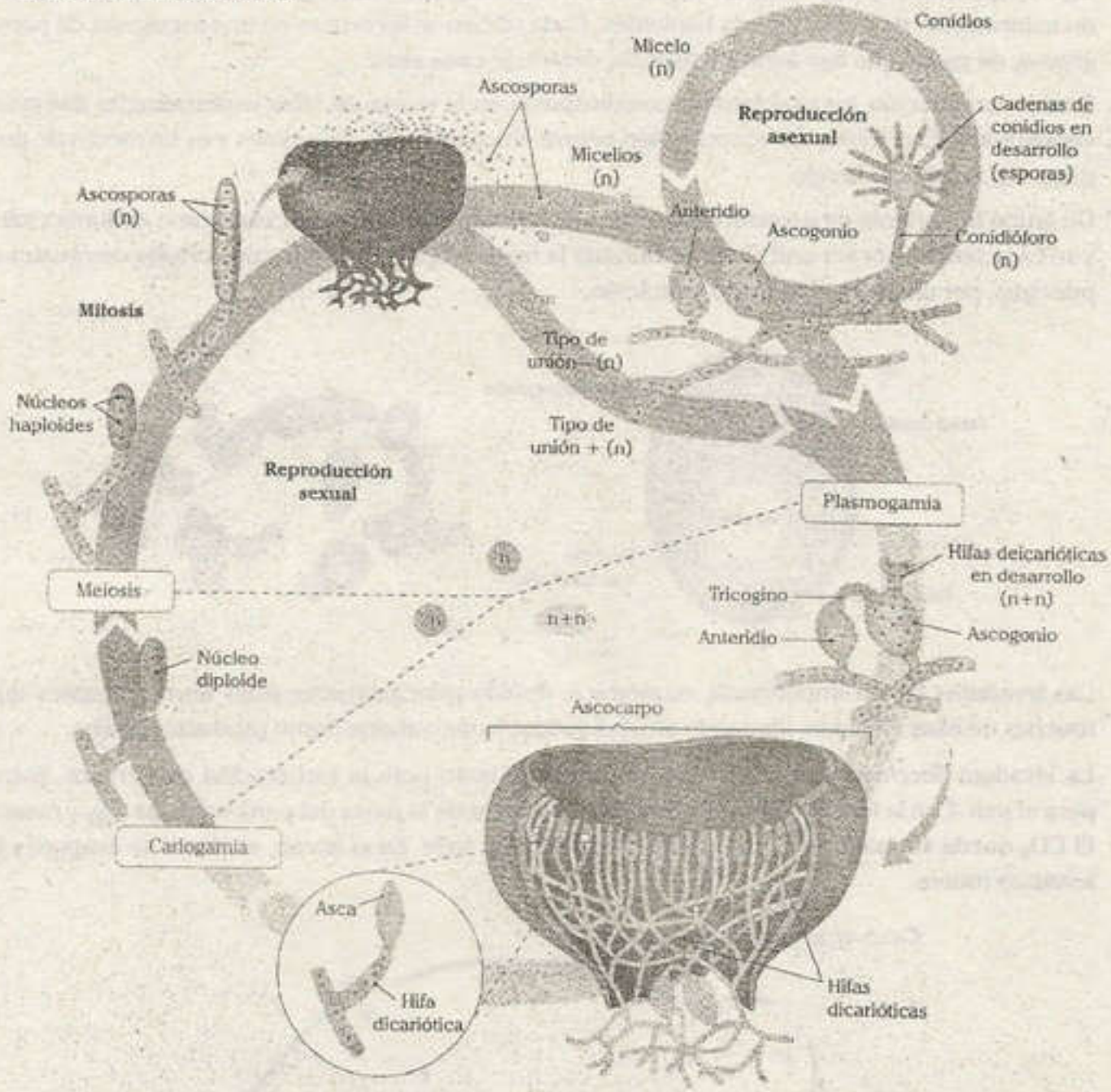
7.3. Ascomicetos

Los ascomicetos (*filum Ascomycota*) u hongos en saco, representan la plenitud de la adaptación de los hongos al medio terrestre al lado de los basidiomicetos. Muchos son denominados hongos en saco porque sus esporas sexuales se producen en sacos llamados ascos. Sus hifas presentan tabiques perforados que permiten la circulación del citoplasma.

Algunos son homotálicos y otros heterotalicos.

Entre los ascomicetos se encuentran muchas levaduras y otros que causan enfermedades como el cornezuelo del centeno y el mildiu de plantas.

Algunos géneros conocidos son *Claviceps*, *Saccharomyces* y *Neurospora*.



Dos tipos de ascomicetos comestibles son las trufas y las colmenillas.

Las trufas como *Tuber melanosporum* crecen bajo tierra, se utilizan perros y cerdos para ubicarlas y cosecharlas directamente de la naturaleza.

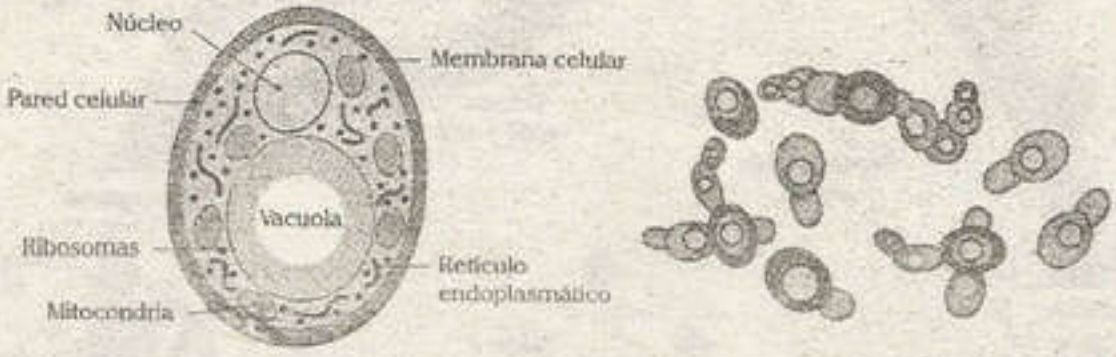
Las colmenillas como *Morchella* mejoran su crecimiento después de los incendios forestales.

La reproducción ocurre cuando dos hifas se fusionan, mezclan sus citoplasmas y se generan hifas con células dicarióticas. Los ascos se producen a partir de hifas dicarióticas, las cuales son rodeadas por hifas monocarióticas y en conjunto generan al cuerpo fructífero llamado ascocarpo.

Durante el ciclo vital se observa que al fusionarse los núcleos de una célula dicariótica, se forma un cigote diploide. Este cigote experimenta una meiosis seguida de una mitosis, lo que da por resultado la formación de ocho núcleos haploides. Cada núcleo se incorpora en una ascospora de pared gruesa, de modo que hay ocho ascosporas dentro de cada asco.

En su reproducción asexual forman conidiosporas en la punta de hifas especializadas llamadas conidioforos. Esta forma de reproducción ocurre en condiciones favorables y es un medio de propagación rápida del hongo.

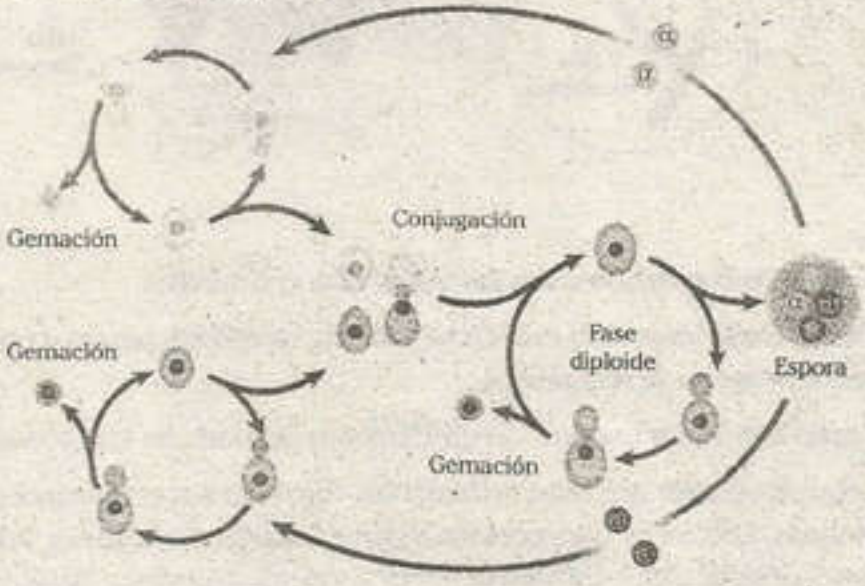
Un grupo importante de ascomicetos son las levaduras. Estas son conocidas como endomicetales y se caracterizan por ser unicelulares. Durante la reproducción se forman dos células desiguales al principio, por un proceso llamado gemación.



Las levaduras tienen importancia económica, debido principalmente a las fermentaciones que muchas de ellas efectúan, liberando alcohol y dióxido de carbono como productos finales.

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es utilizada tanto para la elaboración de cerveza, como para el pan. Con la fermentación alcohólica (del azúcar de la masa del pan) se forma CO_2 y etanol. El CO_2 queda atrapado en la masa y hace que esta se infle. En el horno, el etanol se evapora y la levadura muere.

CICLO VITAL DE LEVADURAS



El hongo *Neurospora sp.* es llamado también moho rosado del pan. Se utiliza muchas veces para estudios genéticos, debido a su cultivo fácil y rápida reproducción; además de producirse la fusión nuclear y división reduccional en la misma asca.

El hongo *Claviceps purpurea* es un hongo pluricelular que causa el cornezuelo de centeno, además produce una toxina que ocasiona la enfermedad llamada ergotismo gangrenoso. A partir de la toxina de este hongo, se producen drogas de efecto psicodélico como el LSD y una medicina llamada ergot del centeno, utilizada para el tratamiento de hemorragias posparto, varices, migraña e hipertensión.

7.4. BASIDIOMICETOS

Este grupo de hongos (*filum basidiomycota*) es con el que nos encontramos más familiarizados; debido a su morfología clásica son comúnmente conocidos como hongos de sombrero, aunque en realidad presentan una variedad de formas en sus cuerpos fructíferos o basidiocarpos. Son llamados también hongos con forma de mazo. Su reproducción es principalmente sexual.

Su papel en la naturaleza como descomponedores es esencial; por ejemplo, hay especies capaces de degradar la lignina; son saprófitos, presentándose de manera especial en suelos ricos en materia orgánica en pudrición. Otros, como royas y carbones, son peligrosos fitoparásitos. Por otro lado, el micelio de muchas setas forma ectomicorrizas con árboles; su papel para la supervivencia de los bosques es esencial.

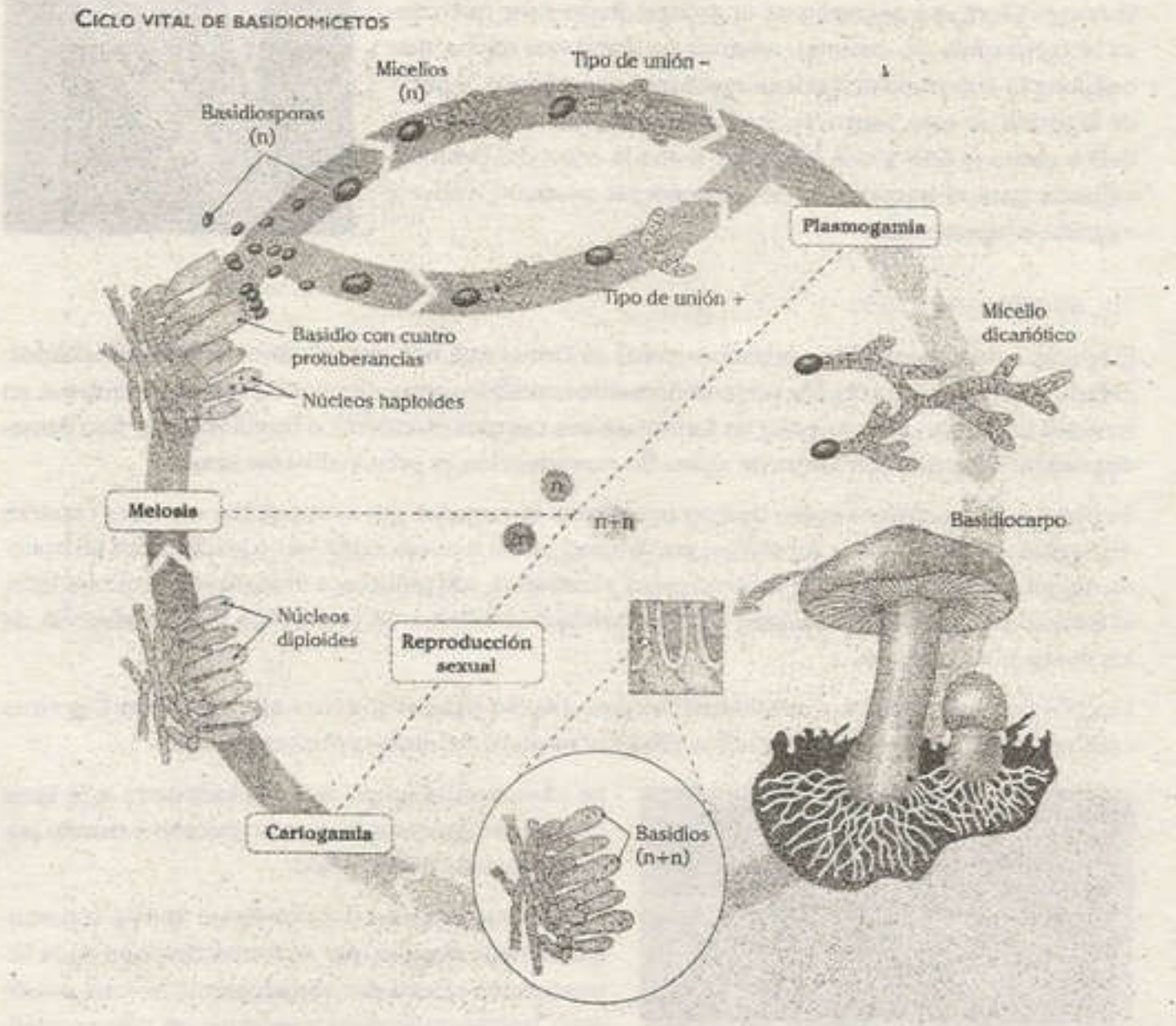
Muchos son comestibles y considerados como platillo exquisito, como el champiñón (*Agaricus campestris*), pero otros son venenosos (*Boletus satanas, Amanita verna*) en extremo.

Se considera el grupo más evolucionado y, al igual que los ascomicetos, tienen un micelio formado por hifas septadas o tabicadas.

Están caracterizados por poseer un tipo de esporangio llamado basidio que se forma después de la reproducción sexual por somatogamia, el cual puede estar fragmentado o no y produce un número definido de cuatro esporas (basidiosporas). En determinadas circunstancias, una vez que las primeras basidiosporas han sido liberadas, se producen otras más. El basidio tiene más o menos la forma de un mazo.

Cuando un micelio primario (monocariótico) se une con otro igual, se fusionan y se genera un micelio secundario (dicariótico). Las hifas (n+n) del micelio dicariótico crecen extensamente y generan botones o yemas. Cada botón da lugar a una seta. Una seta, más precisamente llamada basidiocarpo, consiste en un pie y un sombrerillo o pileo.

Debajo del sombrerillo se ubican las laminillas, que se extienden radialmente desde el centro hasta el borde del sombrerillo. En estas laminillas se fusionan los núcleos de las células dicarióticas y se forman cigotes diploides que realizan meiosis, y así se forman exactamente cuatro esporas haploides que se ubican en el borde externo del basidio.



Los órdenes uredinales y ustilaginales, denominados comúnmente royas y carbones respectivamente, no producen basidiocarpos, sino que sus esporas se forman en agrupaciones debajo de la epidermis de los hospedantes (órganos de plantas). Poseen ciclos de vida complejos y algunos requieren más de un hospedante.

Son enfermedades de plantas causadas principalmente por hongos del género *Puccinia*. Se distingue por el abultamiento marrón o rojizo en el envés de las hojas, que son en realidad las esporas acumuladas en esta zona. En el haz se observan manchas amarillas o zonas decoloradas.

Involucra a hongos ustilaginales como *Ustilago maydis*, carbón del maíz. El micelio monocariótico permanece como saprofito, mientras que el micelio dicariótico realiza parasitismo.

Presentan tendencia a crecer sobre madera. El cuerpo fructífero forma una repisa maciza sobre el árbol o trazo de madera. Viven sobre árboles vivos o muertos, aunque solo atacan al tejido muerto. Pueden contribuir a la muerte de ciertos tejidos, trayendo como consecuencia la muerte del árbol. Con frecuencia causan serios daños a árboles maduros y también a la madera que se conserva húmeda o en contacto con el suelo, dentro de estos destacan los hongos del género *Fomes*.

Se les conoce también como hongos imperfectos, así denominados por no haberse observado aún en ellos esporas sexuales, por tanto no es un grupo taxonómico real, sino más bien artificial. Los deuteromicetos tienen hifas tabicadas. Este grupo podría describirse como una categoría de reserva, en la que se colocan los hongos hasta observar las esporas sexuales y poder clasificarlos adecuadamente. Los conidios del género *Aspergillus* forman largas cadenas sobre un conidióforo en forma de globo.Hace un tiempo se le había dado a este grupo la categoría de división, pero se ha dejado de utilizar ya que en la actualidad se tiende a basar la clasificación en las relaciones filogenéticas entre las especies. Aunque se han reagrupado las especies de deuteromicetos dentro de los ascomicetos o basidiomicetos asexuales, el término "hongos imperfectos" es ampliamente utilizado.

Se conocen alrededor de 24000 especies de hongos imperfectos, distribuidos en casi 1200 géneros. Probablemente, los géneros *Penicilium*, *Aspergillus* y *Fusarium* sean los de más amplia distribución.

Penicillium notatum y *P. chrysogenum* tienen importancia debido a que de ellos se obtiene la penicilina que inhibe el crecimiento de otros microorganismos. Algunas cepas de *Aspergillus flavus* forman compuestos denominados aflatoxinas, que son tóxicos para los animales por ingestión. Otros *Aspergillus* se emplean para elaborar ácido cítrico.

También hay dermatofitos que habitan la piel humana, tales como el *Tricophyton sp.* que ocasiona el pie de atleta. Otros hongos que pertenecen a este grupo son *Candida*, *Trichosporon*, *Malassezia* y *Paracoccidioides*.

8. LIQUENES

La Asociación Internacional de Liquenología (IAL) define a este grupo de organismos como "una asociación estable de un hongo y un simbionte fotosintético, del que resulta un talo estable con una estructura específica". En esta asociación los hongos, denominados micobiontes, son los encargados de conformar generalmente la estructura talina o cuerpo vegetativo del liquen, y las algas, o fotobiontes, los constituyentes fotosintetizadores. El alga es un organismo capaz de producir materia orgánica para alimentar al hongo. El hongo proporciona al alga un anclaje firme y facilita la incorporación de agua y nutrientes inorgánicos esenciales para el crecimiento del alga.

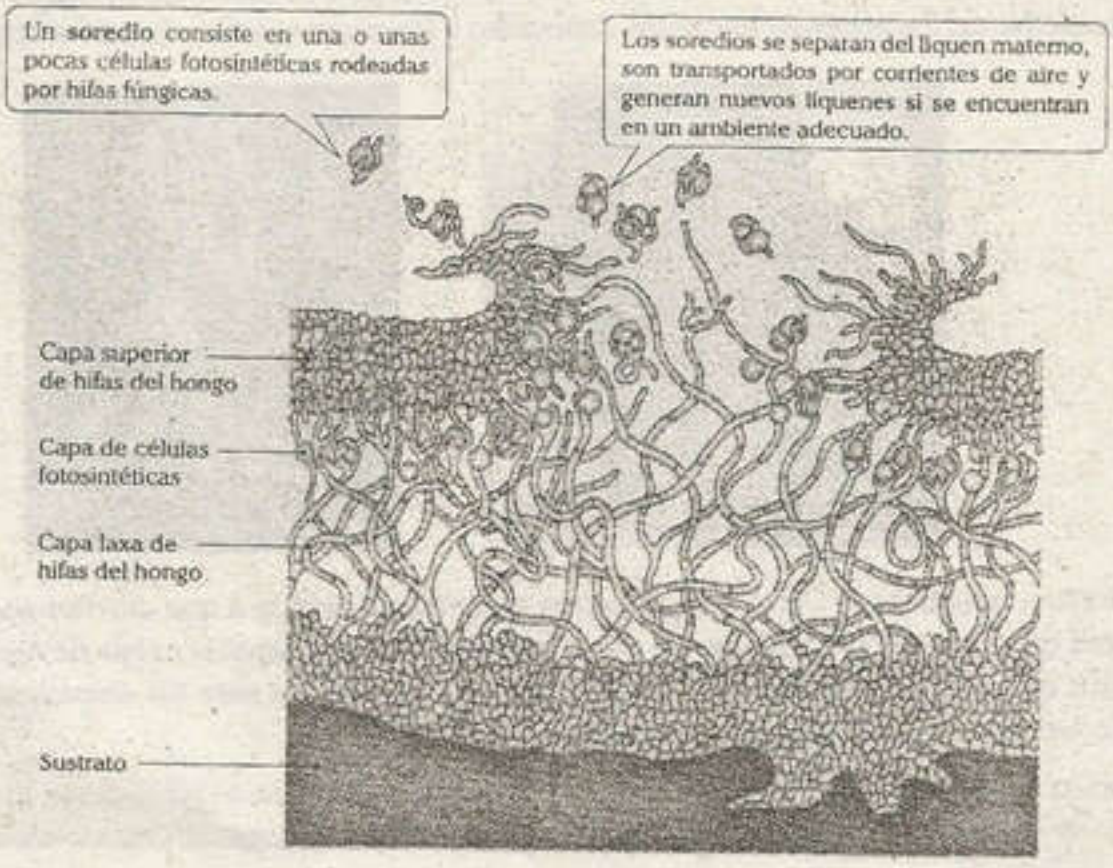
8.1. SIMBIONTES

8.1.1. Hongos (micobiontes)

Aproximadamente 13 500 hongos conocidos son liquenizados. Dentro de estos hongos generalmente participan los *Ascomycetes*, *Basidiomycetes* (*Omphalina*) y *Deuteromycetes* (*Leprocaulon*, *Normandina*, etc.).

8.1.2. Algas (fotobiontes)

Los organismos autótrofos que participan en la conformacion de los líquenes son la *Chlorophyta*, que representan la mayor parte de los integrantes (por ejemplo *Cladophoraceae*, *Chlorococcaceae* etc.), y la *Cyanophyta*, que constituyen el 5 a 10% en regiones tropicales (por ejemplo, *Nostocaceae*, *Scytonemataceae*).



El talo puede presentar una estratificación con zonas bien delimitadas, con un estrato algal superior y una médula formada por hifas del hongo, estos son talos heterómeros. Este es el tipo de arreglo más común en los líquenes. Si las algas se distribuyen entre las células del hongo sin ningún orden, el talo es homómero.

8.2. CLASES DE LIQUENES

De acuerdo con la forma, los líquenes se pueden clasificar en:

- ***Crustosos.*** Con aspecto de costra, muy adheridos al sustrato, pueden ser continuos o fragmentados en placas o areolas. El 65% de las 15 000 especies de líquenes conocidas son crustosos.
- ***Foliosos.*** Con aspecto de hojas, muy extendidos, son llamativos y es la forma más común entre los macrolíquenes.
- ***Fruticulosos.*** Son talos ramificados, erguidos o pendientes, como arbolitos pequeños o barbas enmarañadas, muy largas.
- ***Gelatinosos.*** Talos gruesos, quebradizos cuando se encuentran secos y muy blandos e hinchados en presencia de agua.
- ***Talos combinados.*** Crustoso (escamoso o microfilino) y fruticuloso (con apotecios).

8.3. HÁBITAT DE LOS LIQUENES

Pueden colonizar los más diversos sustratos, aproximadamente el 8% del total de la superficie terrestre está ocupada por líquenes. Han sido hallados sobre plásticos y vidrios. Presentan una gran resistencia a factores ambientales adversos o extremos, como frío, calor o desecación. De acuerdo al sustrato donde se encuentran se denominan:

- **Corticolas.** Que crecen sobre la corteza de los árboles. En este grupo se encuentra *Usnea sp.*
- **Saxícolas.** Que crecen sobre rocas. Considerando aquí las especies endolíticas.
- **Terrícolas.** Ubicados directamente sobre la tierra.
- **Muscícolas.** Encontrados sobre musgos.
- **Humícolas.** Hallados sobre hojas muertas.
- **Liquenícolas.** Hallados sobre otros líquenes, en este caso se denominan parasimbiontes.
- **Foliícolas.** Encontrados sobre hojas vivas como porina, tapellaria o *Trichothelium.*

Otros líquenes son encontrados sobre animales (insectos, crustáceos, perezosos, ranas, etc.), que en su mayoría los utilizan para mimetizarse.

8.4. USOS E IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LOS LÍQUENES

Los líquenes han sido utilizados en la medicina popular por sus propiedades antibióticas, sobre todo aquellos que producen ácido úsnico, como los representantes del género *Usnea*.

Además del uso farmacológico o medicinal, los líquenes son utilizados como alimentos en países europeos, así tenemos *Cetraria islandica*, *Umbilicaria sp.* y *Lecanora esculenta* que es considerado el maná hebreo. Se utilizan también con propósitos industriales, como productores de colorantes, en perfumería y en decoración.

En la actualidad, se utilizan como indicadores de contaminación ambiental, ya que en lugares con elevada polución, son los primeros organismos que desaparecen, son muy suceptibles y registran rápidamente las variaciones de los caracteres físicos y químicos del ambiente. Existen unas pocas familias que pueden permanecer en lugares contaminados.

9▸ MICORRIZAS

Esta denominación hace referencia a la simbiosis hongo-raíz (*myces-rhiza*). Esta simbiosis es un fenómeno general en los vegetales.

Las micorrizas fueron descubiertas por el botánico alemán Frank en 1885, en las raíces de algunos árboles forestales; recién en 1900, el francés Bernard puso de manifiesto su importancia estudiando las orquídeas.

Eran consideradas excepciones, pero ahora se sabe que casi la totalidad de las plantas verdes, con algunas excepciones, viven en simbiosis con hongos. Y esto es así para musgos, helechos y fanerogamas.

Dentro de los beneficios de los hongos micorrícicos para los vegetales, se puede observar que:

- Incrementan el área fisiológicamente activa en las raíces.
- Incrementan la captación de las plantas de agua y nutrientes como fósforo, nitrógeno, potasio y calcio del suelo.

- Incrementan la tolerancia de las plantas a las temperaturas del suelo y acidez extrema causadas por la presencia de aluminio, magnesio y azufre.
- Proveen protección contra ciertos hongos patógenos y nematodes.
- Inducen relaciones hormonales que producen que las raíces alimentadoras permanezcan fisiológicamente activas por periodos mayores que las raíces no micorrizadas.

El beneficio para el hongo es que reciben, principalmente, carbohidratos y vitaminas desde las plantas.

twitter.com/calapenshko

9.1. ECTOMICORRIZAS

Se caracterizan porque el micelio invade la raíz sin entrar en el interior de las células, de aquí el nombre de ectomicorrizas.

El extremo de una raíz ectomicorrizada típicamente está cubierta por un manto de hifas, como una vaina. Desde este manto se extiende una red de hifas entre las primeras capas de células de la corteza radical. Esta se llama red de Hartig, donde las hifas también pueden tener muy variadas formas. Desde el manto hacia afuera se extiende la red miceliar, incluso llegando a formar cordones especializados en la conducción de sustancias.

Las ectomicorrizas están ampliamente dispersas en la naturaleza y se estima que el 10 % de la flora mundial presenta este tipo de asociación.

Los hongos que forman estas micorrizas son, en general, los conocidos hongos de sombrero, como amanitas y boletos.

Sombreros Editores

9.2. ENDOMICORRIZAS

En estas el micelio invade la raíz, inicialmente es intercelular, pero luego penetra en el interior de las células radicales, desde la rizodermis hasta las células corticales. Provoca pocos cambios en la estructura de la raíz. Generalmente, no se observa un crecimiento denso de hifas en la superficie de la raíz, no hay un manto. Sin embargo, hay una red miceliar interna.

Una vez dentro de las células, forma minúsculas arborescencias muy ramificadas que se llaman arbúsculos. Estos son los que aseguran una gran superficie de contacto entre ambos simbiontes. Tienen una vida efímera, de algunos días hasta algunas semanas, y siempre terminan por ser digeridos por la planta hospedadora.

10. MOHOS DESLIZANTES Y ACUÁTICOS

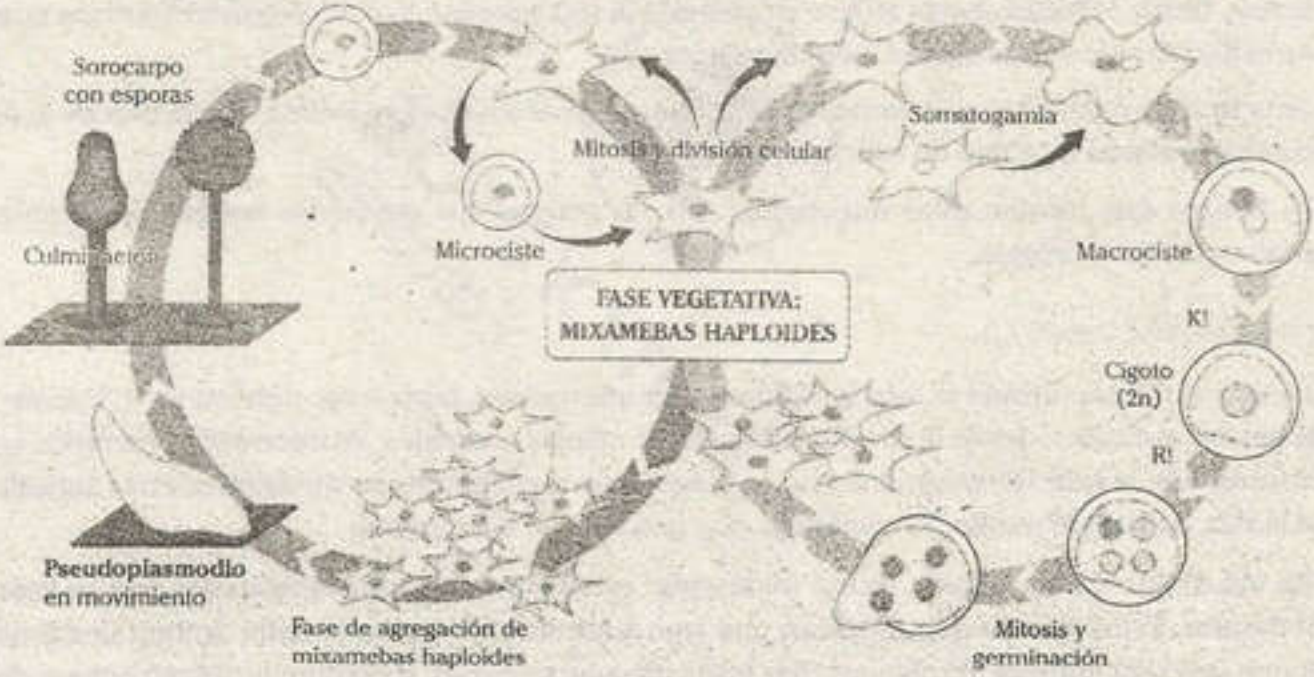
Algunos protistas son parecidos a los hongos debido a que no realizan fotosíntesis y hasta presentan estructuras similares a las hifas. Sin embargo, los aspectos que los diferencian de los hongos es que producen celulosa y tienen centriolos, mientras que los hongos carecen de centriolos y sus paredes celulares contienen quitina. Estos organismos, que eran considerados anteriormente como hongos, se clasifican como: *Acrasiomycota*, *Myxomycota* y *Oomycota*.

10.1. ACRASIOMICETOS

Son los mohos deslizantes celulares. Comprende un solo orden, los acrasiales, donde el género más importante es *Dictyostelium*. Viven sobre vegetales en descomposición, en ambientes húmedos o acuáticos. Presentan un ciclo sencillo con fase dominante de ameba que se alimenta sobre todo de bacterias. Durante su fase vegetativa están constituidos por células ameboides unicelulares y libres que pululan por la película de agua que recubre la materia orgánica del suelo, corteza, estiércol, etc.; fagocitando bacterias y otras partículas nutritivas. El agotamiento de reservas o la sequedad induce a una fase de agregación, en la cual muchas amebas se acercan atraídos por secreciones de sustancias conocidas cono acrasinas y forman un pseudoplasmodio o "babosa".

Las amebas se reúnen pero no se fusionan, forman el plasmodio de agregación, en el que cada ameba mantiene su independencia al agregarse. Forman curiosas estructuras, presentando un borde elevado por el lado por donde se desplazan. Las amebas van rotando de manera que se conforma el pseudoplasmodio de migración, en el que las amebas van todas juntas a un sitio adecuado y aireado donde fructifica.

CICLO DE VIDA DE UN *ACRASIOMYCOTA*: *DICTYOSTELIUM DISCOIDEUM*

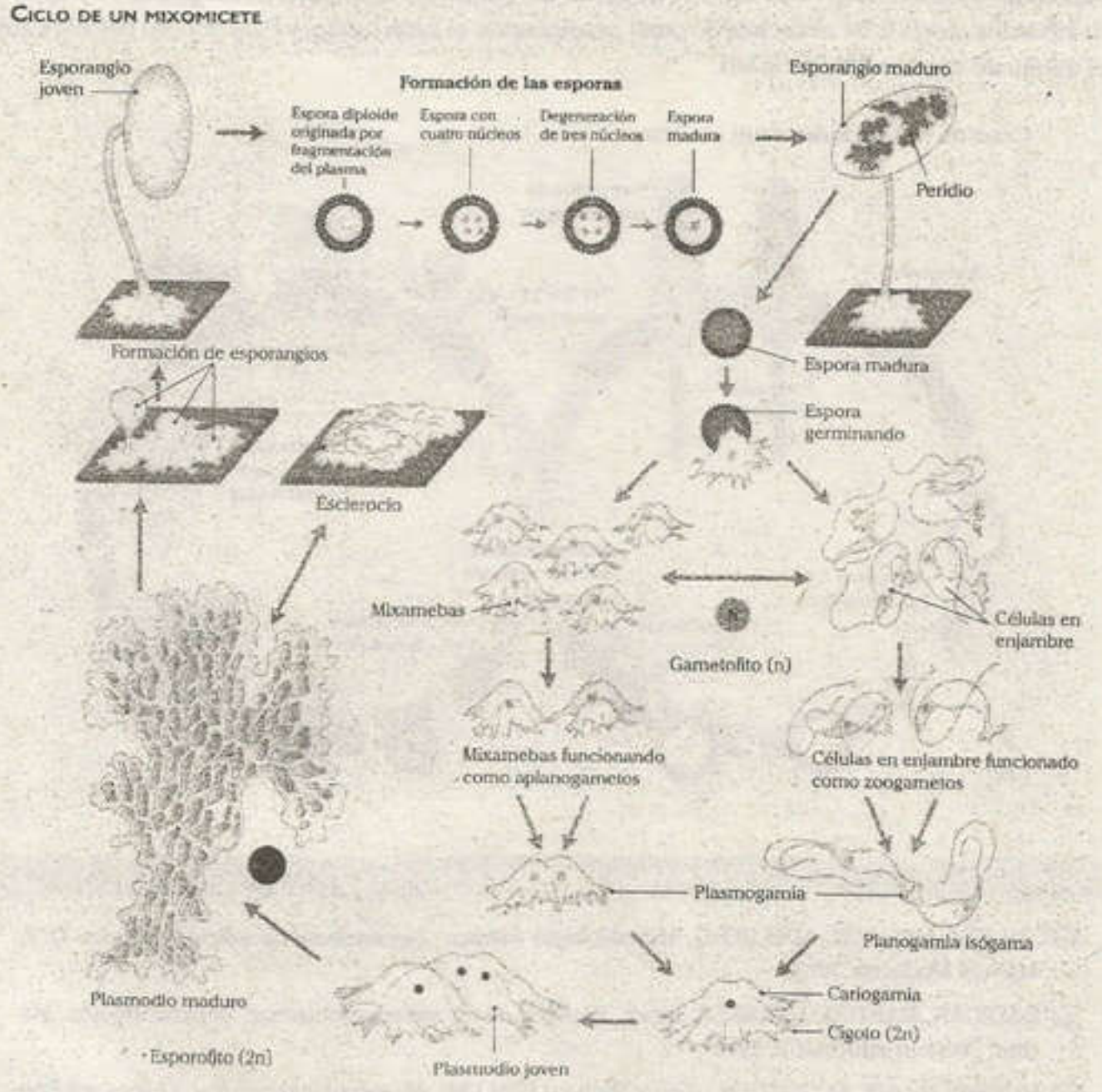


El moho llamado *Dictyostelium discoideum* ha sido usado para el estudio de la diferenciación celular y de las moléculas señalizadoras como el AMPc.

10.2. MIXOMICETOS

Son los mohos deslizantes plasmodiales o mohos mucilaginosos que habitan en la madera muerta, hojas en putrefacción, el estiércol y el suelo de bosques tropicales húmedos; pasan la mayor parte de su vida dentro del sustrato y emergen solo cuando están por producir esporangios en periodos secos o cuando el alimento escasea. A nivel de los esporangios ocurre la meiosis y se producen

esporas resistentes a las condiciones ambientales adversas. En condiciones favorables las esporas germinan y emerge la célula enjambrante o pululante (célula reproductiva haploide biflagelada), o una mixameba (ameboide). Ambas células haploides actúan como gametos, que al fusionarse por plasmogamia forman al cigoto y este al realizar mitosis da lugar a la formación de un plasmodio. Un plasmodio es una masa citoplasmática viscosa, incolora o pigmentada, sin pared celular y durante su desplazamiento por el sustrato es capaz de englobar partículas alimenticias, principalmente restos vegetales en descomposición, bacterias, algas y otros hongos de una manera amiboide. El plasmodio es una masa protoplasmática única, no dividida por membranas y los más grandes llegan a alcanzar un área de 2 m^2.



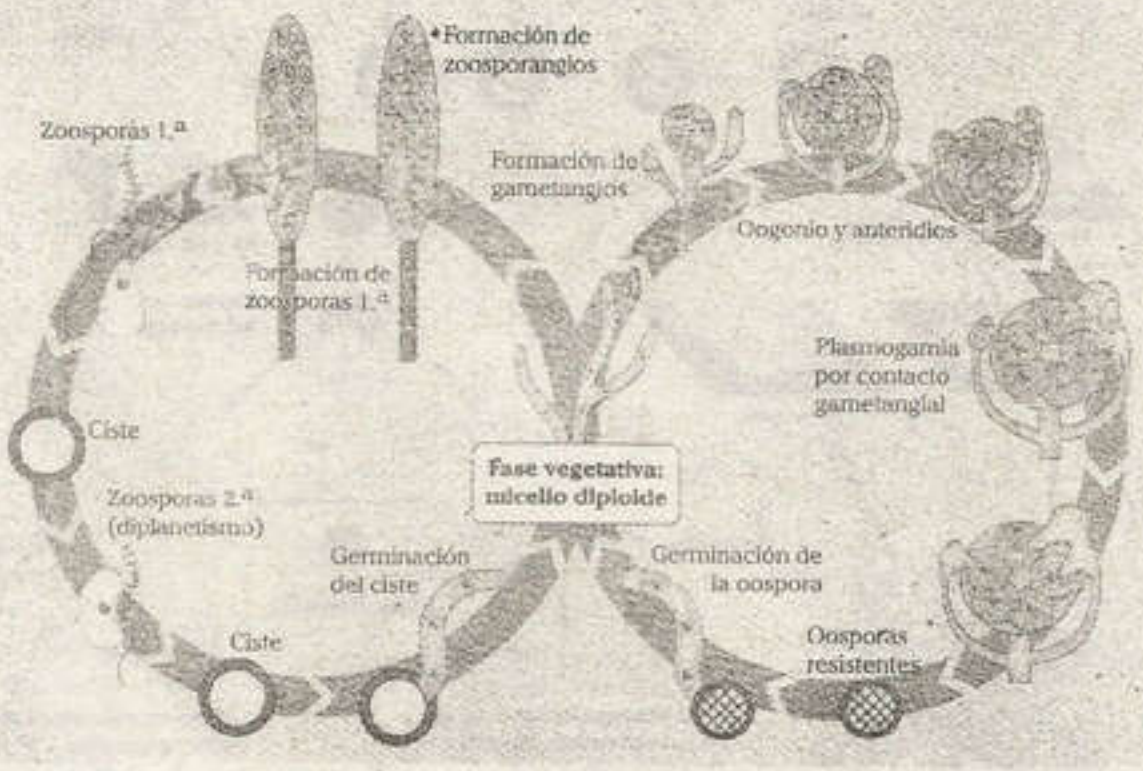
Entre las especies económicamente importantes tenemos: *Plasmodiophora brassicae* y *Spongospora subterranea*.

10.3. OOMICETOS

Son los mohos acuáticos. Presentan hifas cenocíticas sin paredes transversales y el cuerpo vegetativo es como una célula multinucleada gigante. La pared celular está compuesta de celulosa, quitina o ambas. Cuando el alimento abunda y las condiciones ambientales son favorables, se reproducen en forma asexual. La punta de la hifa se hincha y se forma una pared transversal que la separa del resto del micelio. Dentro de esta estructura se forman esporas biflageladas que pueden dar origen a un nuevo micelio. En condiciones adversas se da la reproducción sexual. Después de la fusión de los núcleos masculino y femenino, se desarrolla una oospora de pared gruesa a partir del cigoto y pueden permanecer en latencia en este estado.

Saprolegnia parasitica vive en algunos acuarios afectando las branquias de los peces. *Phytophthora infestans* afecta a las cosechas de papa ocasionando el tizón tardío, y *Plasmopara viticola* causa el mildiu de uva o mildiu de la vid.

CICLO DE VIDA DE *SAPROLEGNIA PARASITICA*



Referencias Bibliográficas

- JAWETZ, MELNICK, ADELBERG. *Microbiología médica*. Decimonovena edición. México D. F.: Manual Moderno, 2008.
- MADIGAN, MARTINKO, PARKER. *Brock, Biología de los microorganismos*. Décima edición. Madrid: Pearson educación, 2004.
- MURRAY, Patrick; ROSENTHAL, Ken y Michael PFALLER. *Microbiología médica*. Quinta edición, Madrid: Elsevier, 2006.

Fármacos antifúngicos

Durante mucho tiempo el tratamiento antifúngico ha sido propiedad exclusiva de los fármacos anfotericina B y 5 - fluorocitosina, los cuales eran tóxicos y resultaban difíciles de utilizar. En la actualidad, el tratamiento de las micosis ha evolucionado gracias a la introducción de nuevos fármacos con actividad sistémica y nuevas formulaciones de compuestos anteriores que aportan una eficacia comparable, si no superior, y una toxicidad significativamente menor. Dentro de los principales antifúngicos se encuentran:

- **Polienos.** La anfotericina B se emplea en el tratamiento de las micosis graves, potencialmente mortales. Su mecanismo de acción primario implica la unión al ergosterol de la membrana de los hongos. Provocan la muerte celular alterando la integridad osmótica de la membrana. Es un antimicótico de amplio espectro. Otro polieno es la nistatina, se emplea como agente tópico.
- **Azoles.** Tienen dos o tres moléculas de nitrógeno en el anillo azol. Actúan inhibiendo la enzima lanosterol desmetilasa que convierte lanosterol en ergosterol y su inhibición altera la síntesis de la membrana celular del hongo. Uno de ellos es ketoconazol, que puede generar como efecto secundario la reducción de testosterona y cortisol. El fluconazol es un triazol de primera línea caracterizada por una excelente biodisponibilidad y baja toxicidad. Itraconazol posee un amplio espectro de actividad antifúngica y la hepatotoxicidad grave es infrecuente.
- **Equinocandinas.** Son lipopéptidos semisintéticos que inhiben la síntesis de glucanos, unos importantes componentes de la pared celular del hongo.
- **Antimetabolitos.** La flucitosina es un antimetabolito que interfiere en la síntesis de ADN, ARN y proteínas en la célula fúngica.
- **Alilaminas.** En este grupo se encuentran terbinafina, la cual posee actividad sistémica y es eficaz en casi todas las dermatomicosis, y naftifina, un compuesto tópico.
- **Griseofulvina.** Se emplea en el tratamiento de infecciones producidas por dermatofitos. Inhibe la mitosis en la célula fúngica interactuando a nivel de los microtúbulos. Es un fármaco de segunda línea.

En conclusión, para el tratamiento antifúngico existen algunos mecanismos a tener en cuenta en el diseño de una estrategia combinada eficaz:

- Inhibición de distintas fases de la misma ruta metabólica.
- Aumento de la penetración de un compuesto en la célula.
- Inhibición del transporte de un fármaco al exterior de la célula fúngica.
- Inhibición simultánea de distintas dianas de la célula fúngica.

MURRAY, Patrick; ROSENTHAL, Ken y Michael PFALLER. *Microbiología médica*. Quinta edición. Madrid: Elsevier, 2006.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Los hongos son considerados vegetales con clorofila; su cuerpo generalmente está constituido por un micelio, que es un conjunto de finos filamentos llamados

A) hifas.
B) talos.
C) cuerpo fructífero.
D) aparato esporífero.
E) cenocitos.

Resolución

Las hifas son filamentos delgados, a manera de hilos. Una hifa puede estar formada por una hilera de células fúngicas separadas parcialmente entre sí mediante septos, llamándosele en este caso hifa septada, que está presente en la mayoría de hongos (ascomicetos, basidiomicetos y deuteromicetos); o pueden carecer de septos, llamándosele en este caso cenocítica, que es típica de los hongos ficomicetes.

Rpta.: A

Pregunta 2

Los líquenes son asociaciones mutualistas capaces de resistir condiciones de sequedad. Estas asociaciones están formadas por algas y

A) hongos.
B) bacterias.
C) cianofitas.
D) protozoarios.
E) protistas.

Resolución

Los líquenes son asociaciones interespecíficas positivas (simbióticas) de tipo mutualista (de beneficio mutuo necesario) que resultan de la interacción entre un alga y un hongo. Las algas son el componente ficobionte que realiza fotosíntesis y provee al hongo de alimentos. Los hongos son el componente micobionte que absorbe agua para proporcionársela al alga.

Los líquenes son clasificados dentro del reino fungi por pura convención, desde el punto de vista ecológico son los primeros colonizadores de ambientes, considerados parte de comunidades pioneras que inician la formación de ecosistemas y un proceso complejo en el espacio y tiempo llamado sucesión ecológica.

Rpta.: A

Pregunta 3

Ciertos hongos viven asociados a la raíz de ciertas plantas y favorecen la absorción de minerales. Dicha asociación recibe el nombre de

A) liquen.
B) micorrizas.
C) champiñón.
D) hongo de repisa.
E) saprofitismo.

Resolución

Las micorrizas son asociaciones interespecíficas positivas de tipo mutualísticas (de beneficio mutuo necesario), que resultan de la interacción entre las raíces de una planta y hongos que generalmente son ascomicetos. Las plantas son el componente autótrofo que produce alimentos que nutren al hongo. El hongo es el componente heterótrofo que participa absorbiendo agua y minerales que luego cede a la planta.

Rpta.: B

Lumbreras Editores

Pregunta 4

Los hongos cuya reproducción sexual es desconocida, se denominan

A) hongos plasmodiales.
B) hongos cenocíticos.
C) ascomicetos.
D) quitridiomicetos.
E) hongos imperfectos.

Resolución

Los hongos imperfectos, *Fungi imperfecti* o deuteromicetos, son un grupo taxonómico artificial, ya que se clasifican a todos aquellos hongos en los que, al analizar en el laboratorio, no se le detecta meiosis ni reproducción sexual. Se considera que este grupo eran ascomicetos, que por evolución retrógrada o simplificación estructural perdieron la capacidad de realizar meiosis, solo se reproducen por mecanismos asexuales por fragmentación o producción de esporas por mitosis.

Dentro de este grupo podemos destacar al hongo *Penicillium crysogenum*, que se usa en la producción industrial de penicilina que es un fármaco genérico.

Clave C

Pregunta 5

Los hongos que se caracterizan por ser unicelulares y presentan división por gemación son conocidos como

A) mohos. B) royas. C) levaduras.
D) carbones. E) setas.

Resolución

Las levaduras son los hongos unicelulares del grupo de los ascomicetos. Se reproducen asexualmente por gemación, es decir, por mitosis y formación de yemas.

Son los hongos más utilizados en la industria vitivinícola, cervecera y panificadora por su rápido metabolismo, condición que le otorga su tamaño microscópico y condición unicelular. Un ejemplo de ellas es *Saccharomyces cerevisiae* que produce etanol y CO_2.

Cabe indicar que las levaduras pueden formar filamentos llamados pseudohifas.

Clave C

Pregunta 6

Los hongos son organismos heterótrofos que a diferencia de los animales presentan células con

A) pared quitinosa.
B) glucocálix.
C) membrana celular.
D) núcleo.
E) organelas.

Resolución

Las diferencias celulares entre hongos y animales las podemos plantear en el siguiente cuadro sinoptico:

Hongos	Animales
Células con pared quitinosa	Células sin pared
Células sin pared glucocálix	Células con glucocálix
Membrana con ergosterol	Membrana con colesterol
Con quitosomas	Sin quitosomas
Núcleos haploides	Núcleo celular generalmente diploide

Por lo tanto, los hongos tienen pared quitinosa y los animales no. Sin embargo, hay animales que producen quitina tales como los artrópodos y los moluscos.

Clave A

Lumbreras Editores

Pregunta 7

El rol principal de los hongos en el medio ambiente es que se comportan como

A) productores primarios.
B) carroñeros.
C) autótrofos.
D) organismos del primer nivel trófico.
E) desintegradores de materia orgánica.

Resolución

La importancia ecológica de los hongos en el medio ambiente es su capacidad desintegradora de materia orgánica, debido a la presencia de pared celular quitinosa en sus células, estos usan exoenzimas para degradar la materia orgánica particulada y así utilizarla como alimento. Al desintegrar la materia orgánica, hacen posible el ciclo de la materia, ya que producen materiales asimilables por los organismos productores como las plantas.

Rpta. E

Pregunta 8

Las hifas son estructuras que permiten a los hongos conformar sus micelios reproductivos y vegetativos. En los hongos cigomicetos encontramos hifas que se caracterizan porque

A) no presentan pared.
B) son cenocíticas.
C) son tabicadas.
D) tienen esporas flageladas.
E) son procarióticas.

Resolución

Los hongos cigomicetos se caracterizan por la presencia de hifas cenocíticas, que se caracterizan principalmente por carecer de septos o tabiques intercelulares definidos

Rpta. B

Pregunta 9

La micorrizas son asociaciones entre hongos y raíces de plantas, casi se presentan en un 98% del mundo vegetal, su importancia radica en que los hongos asociados permiten la absorción de

A) cobalto.
B) sodio.
C) potasio.
D) fósforo.
E) agua.

Resolución

Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre hongos y raíces, los hongos se relacionan favoreciendo la absorción de fósforo a cambio que las raíces compartan la materia orgánica que se forma en las hojas por fotosíntesis.

Rpta. D

Pregunta 10

En los lactantes, la infección micótica oral es llamada afta o muggett, y el agente causal es la levadura del género

A) *Rhizopus*.
B) *Aspergillus*.
C) *Penicillium*.
D) *Candida*.
E) *Agaricus*.

Resolución

El afta o muggett es una infección bucal originada por la presencia de una levadura del género *Candida*, que causa lesiones en el epitelio bucal a manera de pequeñas granulaciones blanquecinas.

Rpta. D

Pregunta 11

Los principales grupos de hongos de importancia alimenticia son

A) cigomicetos y ficomicetos.
B) ascomicetos y basidiomicetos.
C) oomicetos y eumicetos.
D) mixomicetos y deuteromicetos.
E) todos son comestibles.

Resolución

Los champiñones, las trufas y otras especies comestibles, pertenecen a los grupos de hongos con un gran desarrollo del cuerpo fructífero, como ocurre en los ascomicetos y basidiomicetos.

Clave: B

Pregunta 12

La pitiriasis versicolor es una enfermedad micótica que ocasiona un cambio en la coloración de la piel, se debe a la presencia de

A) *Saccharomyces cerevisae.*
B) *Histoplasma capsulatum.*
C) *Malassezia furfur.*
D) *Microsporum canis.*
E) *Candida albicans.*

Resolución

La pitiriasis versicolor es una enfermedad causada por el hongo *Malassezia furfur*, esta se caracteriza por presentar manchas en la piel (máculas hipopigmentadas) y suele ser por demás asintomática.

Clave: C

Pregunta 13

Las fermentaciones son procesos que se caracterizan por llevarse acabo en ausencia de oxígeno; el hombre, utilizando levaduras para estos procesos, ha sido capaz de producir cerveza, pan y vinos, en este proceso en particular la levadura más utilizada corresponde al género

A) *Saccharomyces.*
B) *Histoplasma.*
C) *Microsporum.*
D) *Paracocciodiodes.*
E) *Candida.*

Resolución

Las levaduras más utilizadas en la industria de la panificación y fermentaciones alcohólicas son del género *Saccharomyces*, en la producción del pan y vino *S. cerevisae* y en la producción del vino *S. elipticus*.

Clave: A

Pregunta 14

Las esporas son órganos principales de reproducción en los hongos, su variedad está muy difundida en la naturaleza, como por ejemplo las estructuras de sujeción para ser transportadas por animales u otros medios, a este tipo de esporas se les denomina

A) basidiosporas.
B) ascosporas.
C) esporangiosporas.
D) asterosporas.
E) conidiosporas.

Resolución

Las asterosporas son esporas que están siempre adornadas con puntas, crestas y redes en relieve, que favorecen la sujeción o adhesión a animales para ayudar en su diseminación.

Clave: D

Lumbreras Editores

Pregunta 15

En los hongos y los líquenes, el conjunto de hifas que produce esporas se le denomina micelio reproductivo, o también conocido como

A) conidiospora.
B) basidiocarpo.
C) ascocarpo.
D) conidicarpo.
E) apotecio.

Resolución

Apotecio es el aparato esporífero o suma de hifas capaces de producir esporas en los hongos y los líquenes.

Clave: E

Pregunta 16

Las células estériles presentes en algunos grupos de hongos, se conocen como

A) hifas.
B) esporas.
C) himenios.
D) parafisos.
E) esporangios.

Resolución

Los parafisos son células estériles que se encuentra en el himenio, tanto de los basidiomicetes como de los ascomicetos.

Clave: C

Pregunta 17

Los hongos, como las levaduras, se caracterizan por su forma unicelular, pero algunos de estos al presentar una fase sexual son clasificados dentro del grupo de los

A) basidiomicetos.
B) ascomicetos.
C) deuteromicetos.
D) cizomicetos.
E) oomicetos.

Resolución

Las levaduras cuando se reproducen sexualmente por pseudohifas al fusionar sus núcleos en la cariogamia, forman estructuras reproductoras denominadas ascas, por lo tanto, son agrupados en los ascomicetos.

Clave: B

Pregunta 18

La enfermedad micótica que se contrae en campos agrícolas y cuya epidemiología está restringida al continente americano, especialmente Centroamérica y Sudamérica, es ocasionada por

A) *Epidermophyton.*
B) *Microsporum.*
C) *Histoplasma.*
D) *Paracoccidiodes.*
E) *Trichophyton.*

Resolución

La paracoccidioidomicosis, originada por el hongo *Paracoccidiodes*, parece ser la única micosis respiratoria que está restringida a un solo continente. La enfermedad se encuentra distribuida en Centro y Sudamérica, desde México (23° latitud N) hasta Argentina (34° latitud S), pero sin abarcar a todos los países incluidos entre tales latitudes.

Los países "negativos" son Chile, Guyana y Surinam, en América del Sur, y El Salvador, Nicaragua y Panamá, en el istmo centroamericano.

Clave: D

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Los hongos aumentan la superficie de absorción y facilitan la adquisición de nutrientes como el fósforo y el calcio por parte de la raíz de algunas plantas. A cambio de ello, los hongos reciben nutrientes que las plantas producen en la fotosíntesis. A esta simbiosis se le conoce como

A) micorriza.
B) nódulo.
C) liquen.
D) soredio.
E) champiñón.

2. La reproducción sexual de un grupo de hongos es desconocida, por lo cual se les ha agrupado como

A) basidiomicetos.
B) ascomicetos.
C) deuteromicetos.
D) cicomicetes.
E) mixomicetos.

3. Los basidiomicetos son hongos superiores que tienen hifas tabicadas. Como un ejemplo de ellos tenemos a

A) los mohos filamentosos.
B) las levaduras.
C) los plasmodios.
D) los mohos mucilaginosos.
E) los hongos de repisa.

4. Una clase de infecciones micóticas que afecta a los animales es conocida como

A) roya. B) carbón. C) mildiu.
D) tiña. E) rancha.

5. ¿Cuál es el grupo de hongos que contiene hifas cenocíticas y multinucleadas?

A) cigomicetos
B) ascomicetos
C) deuteromicetos
D) mixomicetos
E) basidiomicetos

6. El polisacárido que constituye la pared celular de los basidiomicetos es

A) adenina.
B) lignina.
C) cutina.
D) suberina.
E) quitina.

7. El *Rhizopus nigricans*, u hongo negro del pan, es un cigomiceto y se caracteriza porque

A) presenta hifas tabicadas.
B) tiene hifas cenocíticas.
C) solo tiene reproducción asexual.
D) es una levadura.
E) es un protista fungoide.

8. La erisipela o ergotismo gangrenoso es una enfermedad ocasionada por la ingesta de harina de centeno contaminada por las toxinas del cornezuelo. El hongo involucrado en esta alteración es

A) *Penicillium*.
B) *Rhizopus*.
C) *Agaricus*.
D) *Claviceps*.
E) *Neurospora*.

Lumbreras Editores

9. Los organismos del reino fungi se caracterizan porque su molécula de reserva energética es

A) el almidón.
B) la celulosa.
C) la glucosa.
D) el glucógeno.
E) una proteína.

10. La especie *Phytophthora infestans*, causante de la podredumbre de la papa, que provocó la ola de hambre irlandesa de 1845, pertenece al grupo de los

A) basidiomicetos.
B) ascomicetos.
C) zigomicetos.
D) oomicetos.
E) deuteromicetos.

11. Los hongos que se caracterizan por ser heterotálicos, formar cigosporas y poseer hifas cenocíticas son del género

A) *Amanita*.
B) *Rhizopus*.
C) *Puccinia*.
D) *Aspergillus*.
E) *Histoplasma*.

12. Son esporas sexuales organizadas en estructuras reproductivas en forma de sacos. Esto se observa en hongos como neurospora y

A) basidiosporas.
B) ascosporas.
C) cigospora.
D) conidios.
E) esporangiospora.

13. Los hongos *Claviceps purpurea*, que parasitan a la planta del centeno y producen toxinas de las que se elabora el LSD, pertenecen a la división

A) zigomicetos.
B) ascomicetos.
C) basidiomicetos.
D) deuteromicetos.
E) quitridiomicetos.

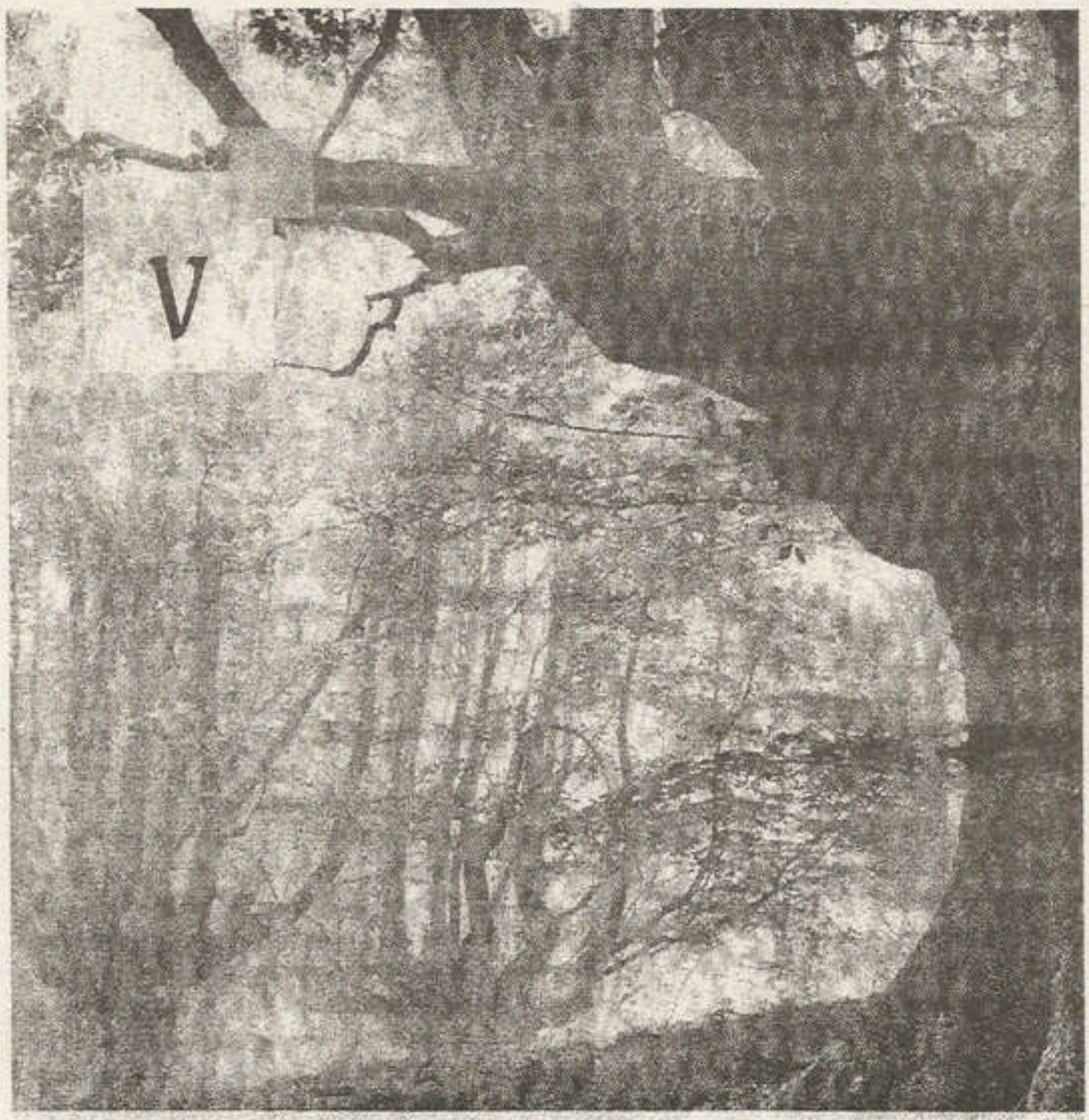
14. Los hongos champiñones, de valor alimenticio, presentan basidiocarpo con hifas ..... y por su mecanismo de reproducción sexual son consideradas ..... .

A) cenocíticas - septadas
B) tabicadas - heterotálicas
C) septadas - homotálicas
D) homotálicas - tabicadas
E) heterotálicas - cenocíticas

15. Los cuerpos de Woronin, en la célula fúngica, cumplen la función de

A) nutrición.
B) metabolismo.
C) favorecer el crecimiento.
D) parasitismo.
E) fotosíntesis.

Lumbreras Editores



Reino Plantae

CALA
PINHO

CAPÍTULO IX

TAXONOMÍA VEGETAL

Objetivos

- Conocer la diversidad biológica que integra al reino plantae.
- Entender los criterios que permiten la clasificación de los integrantes del reino plantae.
- Diferenciar las principales *fila* que integran las plantas.
- Comprender los mecanismos que permitan explicar el origen y evolución de las plantas.

Introducción

Uno de los reinos más conocidos, juntamente con el reino de los animales, es el de las plantas; ello debido a que el ser humano, desde sus orígenes, ha encontrado en las plantas los recursos necesarios para su subsistencia. Alimentos, fibras naturales, maderas, remedios, entre otros productos, se obtienen de las plantas y sería difícil concebir la existencia de una población humana en un mundo sin plantas.

Pero, ¿por qué las plantas pueden sobrevivir en nuestra ausencia? La respuesta es la fotosíntesis. La fotosíntesis es el proceso que les permite a las plantas y otros organismos utilizar la energía solar para fabricar sus propios alimentos. Las plantas transforman el dióxido de carbono y el agua en azúcares que almacenan energía química, de esta forma la fotosíntesis sustenta la vida en la Tierra. Durante este proceso, los vegetales rompen las moléculas de agua y liberan oxígeno, que es necesario para liberar la energía almacenada en los alimentos.

Las plantas también son responsables de hallazgos muy importantes; un día de mayo de 1950, dos daneses cortaban la turba de un pantano y encontraron el cuerpo de un hombre con un lazo en el cuello, un arqueólogo determinó que el cuerpo tenía 2000 años de antigüedad, pero a pesar de su edad, sus rasgos se habían preservado por completo, y el hombre parecía estar dormido y no muerto. La preservación sorprendente de este hombre de la edad de hierro se debe tanto al lugar donde se encontraba, como a la química de este medio. En los márgenes del lago se desarrolla el musgo *Sphagnum*, el cual vuelve el medio aún más ácido por la liberación de iones de hidrógeno, estas condiciones hacen que la descomposición orgánica sea bastante lenta en los pantanos.

En el presente capítulo conoceremos las características generales de las plantas, sus principales grupos y su evolución. En el Perú, la diversidad de plantas es alta y se encuentran representadas todos los grupos taxonómicos.

1 ▸ Características del reino plantae

El reino plantae está formado por los eucariotas pluricelulares que conocemos como plantas terrestres. Salvo raras excepciones, las plantas pueden fabricar su propio alimento a través de la fotosíntesis. Además, poseen paredes celulares formadas básicamente por celulosa. Entre las características de su reproducción encontramos embriones pluricelulares protegidos en el progenitor femenino y la alternancia de generaciones de organismos haploides y diploides. En la actualidad, existen aproximadamente 300 000 especies vivas. Las principales clases de plantas son los briofitos, como el musgo; las pteridofitas, como los helechos –plantas vasculares sin semillas–; las coníferas, que son las plantas con semillas descubiertas o desnudas; y, por último, las angiospermas, que son las plantas vasculares con las semillas contenidas en frutos.

Solanum montanum, "papa silvestre" presente en las lomas de Lima.

2 ▸ Surgimiento de las plantas terrestres a partir de las algas verdes

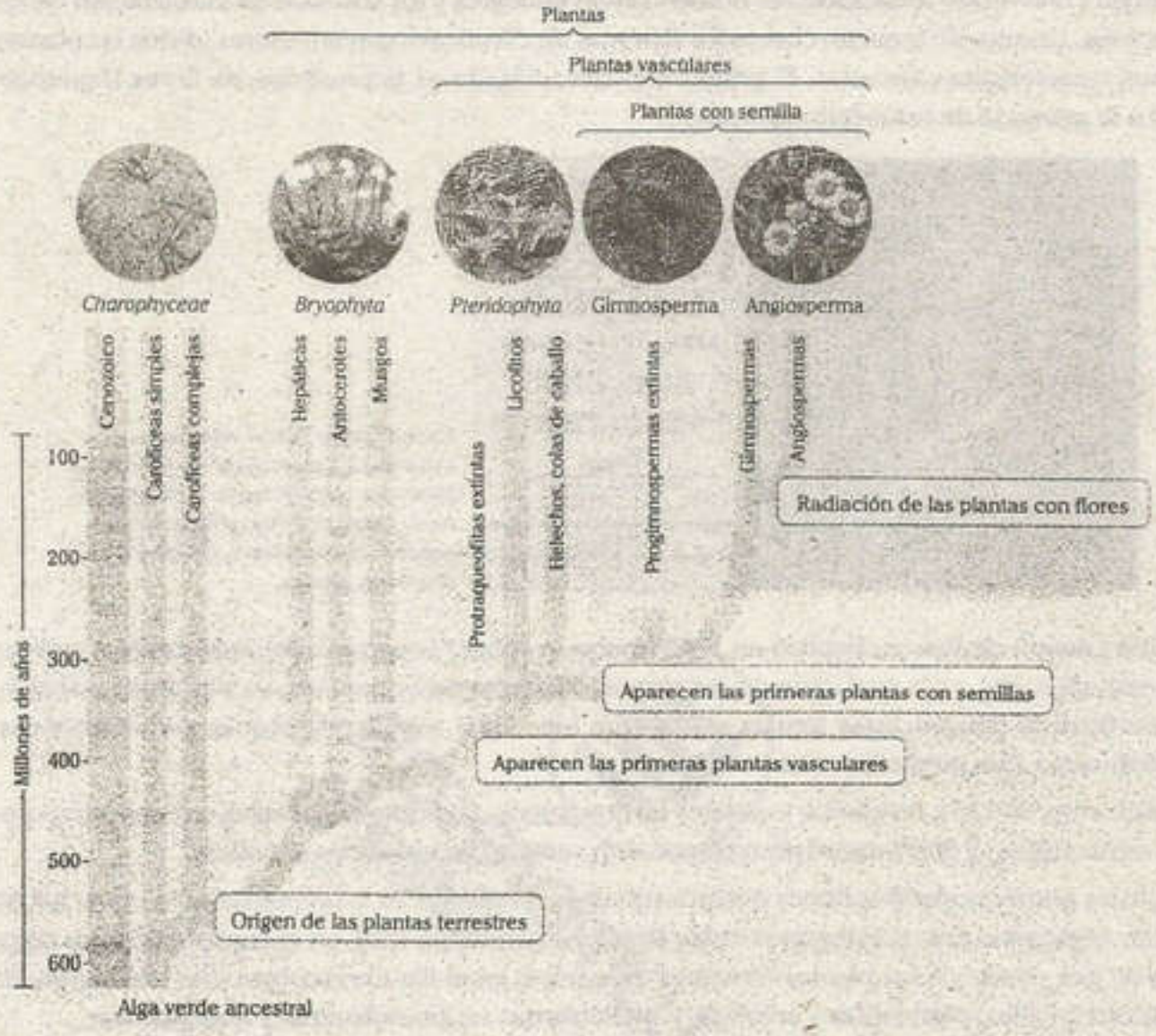
Hace 450 millones de años, durante el periodo silúrico, la Tierra estaba libre de plantas o animales, pero en los lagos de agua dulce poco profundos habitaban organismos parecidos a las plantas y a las algas. Estos organismos eran ramificados y sin hojas, de unos pocos centímetros de altura. Los paleobotánicos opinan que el tejido vascular, la epidermis cerosa y otras características evolucionaron durante millones de años en las algas verdes de agua dulce, lo que les permitió sobrevivir a los periodos en los que no había agua. Con el tiempo fueron capaces de completar su ciclo de vital en la Tierra, siempre que hubiera agua disponible para permitir al anterozoide nadar hasta las ovocélulas. Deben de haber existido algunas especies de transición con características tanto de las algas como de las plantas vasculares sin semillas. Por ende, las plantas vasculares sin semillas evolucionaron por sí solas, compartiendo la tierra con los briofitos.

Los paleobotánicos manejan la hipótesis de que la evolución de las plantas a partir de las algas verdes de la clase *Charophyceae*, del filo *Chlorophyta*, comenzó hace 700 y 450 millones de años atrás.

Numerosas especies vivas de algas verdes se parecen a una planta terrestre, aunque los ancestros directos se han extinguido. En particular, el alga verde chara es la que más visiblemente se parece a las plantas. Cuando las plantas vasculares sin semillas evolucionaron, experimentaron una radiación adaptativa que los separa en muchas especies diferentes convirtiéndolos en el componente fotosintético esencial de la biosfera.

Las primeras plantas con semilla (las antiguas gimnospermas) podían reproducirse sin agua, por que contaban con un tubo polínico que hacía llegar el anterozoide a la ovocélula. Tras la fecundación, una semilla protegía al embrión de la desecación y le aportaba un suministro de alimento para ayudar a la germinación. Las gimnospermas habían arrebatado el puesto de vegetales dominantes a las plantas vasculares sin semillas durante la era mesozoica (hace 245-66 millones de años).

Lumbreras Editores



El reino de las plantas tiene su origen en las algas verdes, que habitaban lagos de agua dulce.

3. Clasificación del reino plantae

Las clasificaciones de las plantas, al principio sencillas, iban ganando en complejidad a través del tiempo, conforme aumentaba el conocimiento que el hombre tenía de la diversidad de las plantas. Así, se pasa de 480 especies vegetales conocidas por los griegos (en el siglo III a.n.e.) a cerca de 450 000 que se conocen actualmente, de las cuales más de la mitad pertenecen a las plantas con flores.

E. Teofrasto (siglo IV-III a. n. e.), discípulo de Platón y Aristóteles en el Cyceum de Atenas, fue el primero que escribió, de forma sistemática, una clasificación de las plantas en su obra *Historia Plantarum*. Dividió a las plantas en árboles, arbustos, subarbustos y hierbas. Durante los siglos XVI-XVII, al igual que Teofrasto, se dividieron a las plantas como se ha señalado, pero además se utilizaron en los sistemas de clasificación los caracteres que les proporcionan las flores y los frutos, además de otros caracteres vegetativos.

C. Linneo (1707-1778) revolucionó la nomenclatura biológica y los sistemas de clasificación de los seres vivos. Linneo, sin tener en cuenta los sistemas de clasificaciones anteriores, divide las plantas por sus características sexuales. El primer carácter utilizado es la presencia de flores (fanerogamas) o la ausencia de estas (criptógamas).

Carlos Linneo fue un científico, naturalista, sueco, autor de *Sistema Natural, en tres reinos de la naturaleza, según clases, órdenes, géneros y especies, con características, diferencias, sinónimos, lugares.*

Antoine Laurent de Jussieu publicó en 1789 su obra cumbre *Genera plantarumsecundum ordines naturales disposita*, en la cual agrupó a las plantas del jardín del rey en Paris en tres grupos: acotiledóneas (incluyó hongos, algas, hepáticas, musgos, helechos), monocotiledóneas y dicotiledóneas, donde incluyó a las gimnospermas actuales.

M. Willkomm, en 1854, dividió los vegetales en dos grupos: *Sporophyta* o plantas con esporas (criptógamas actuales) y *Spermatophyta* o plantas con semilla (fanerógamas actuales).

Una de las primeras clasificaciones evolucionistas de las plantas es la propuesta por E. Haeckel en su libro *Allgemeine Entwicklungsgeschichte der Organismen*, de 1866, en el cual dividió a los seres vivos en tres reinos y a las plantas terrestres los agrupó en el filo *Cormophyta*. Las cormofitas las dividió en briofitas, pteridofitas y antofitas, y estas últimas en gimnosperma y angiosperma.

Influenciado por las ideas de Darwin, A. W. Eichler, en 1875, dividió las plantas con semillas (fanerogamas) en gimnospermas, monocotiledóneas y dicotiledóneas. Más tarde, en 1883, dividió a los vegetales en criptógamas y fanerógamas.

A principios del siglo XX, una serie de autores dirigidos por C. E. Bessey, enormemente influenciados por las teorías evolucionistas, tratan de dilucidar cuáles son los caracteres primitivos y cuáles los avanzados de las plantas con flores.

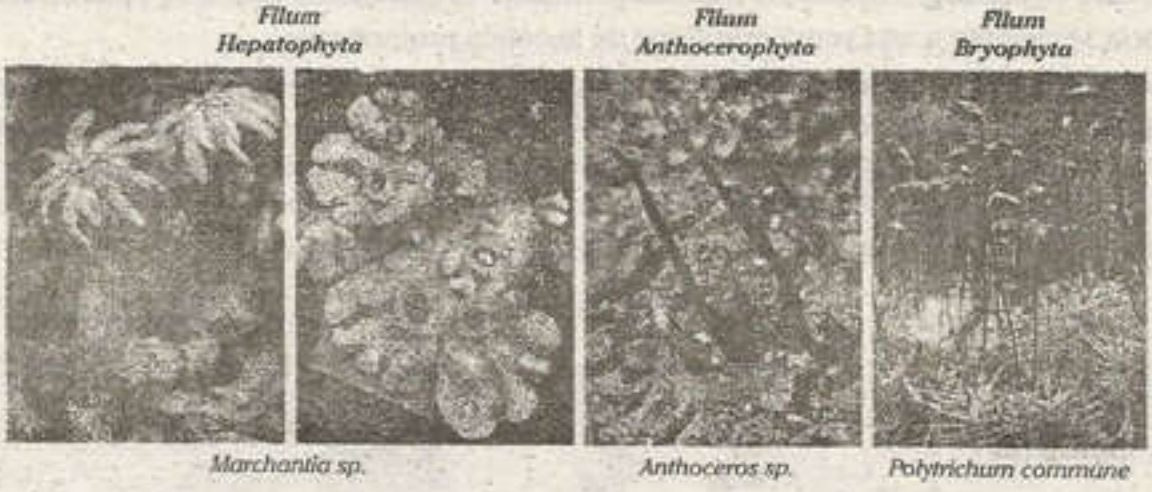
4. Plantas avasculares: los briofitos

4.1. Características

En las briofitas, la planta gametofítica o haploide (n), representa la generación más longeva e independiente; la fase esporofítica o diploide (2n) es más pequeña y, en general, depende del gametofito para su apoyo y alimentación. Los pigmentos fotosintéticos presentes en las briofitas son idénticos a los que contienen las algas verdes y la reserva alimenticia es el almidón. La composición química de la pared es la celulosa, como en las algas verdes.

Limpieros Ediciones

Tanto las algas verdes como las briofitas tienen anterozoides (o células espermáticas) móviles. En las briofitas, así como en las plantas vasculares, los óvulos y anterozoides se producen en órganos especiales en los que las células que producen los gametos se encuentran rodeadas por una cubierta de células estériles, este es un rasgo muy importante de las plantas terrestres, el cual se observará en los grupos superiores. En las briofitas, el cigoto se forma en el sitio en el que se produjo el óvulo dentro del gametofito. Cuando el óvulo se divide, el embrión resultante se mantiene en su sitio, en el gametofito, y depende de este último para su nutrición. Esta característica es común en las plantas terrestres, pero no en las algas verdes.



Representantes de las plantas avasculares, en las que se destacan sus estructuras reproductivas.

1.2. FILUM BRIOPHYTA

Las briofitas son más complejas que la mayor parte de las algas, pero resultan organismos simples si se les compara con las plantas vasculares.

1.2.1. Lugar de crecimiento de las briofitas

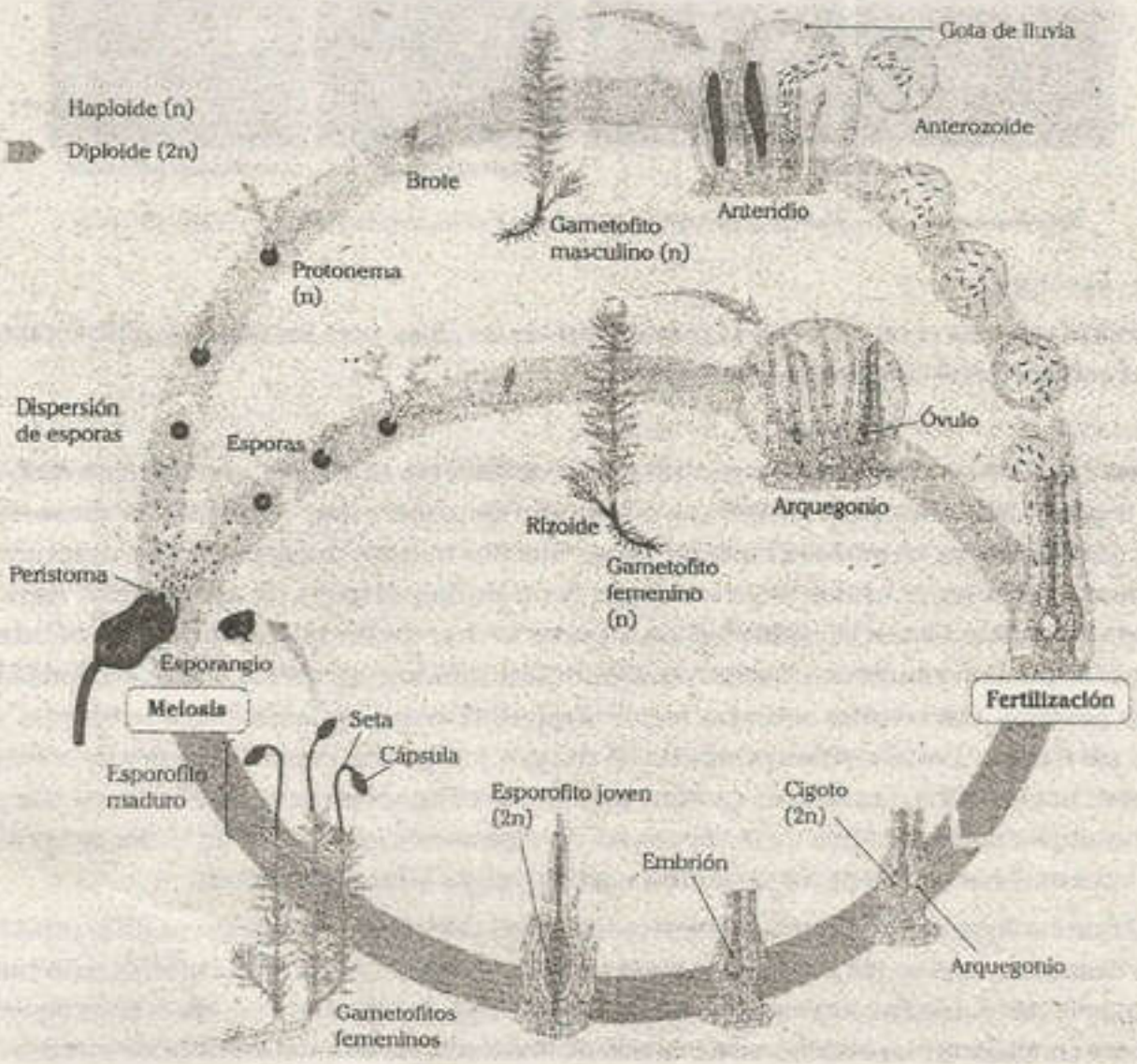
La mayor parte de las briofitas son terrestres o bien epifitas; por lo general, son bastante exuberantes en regiones húmedas, pero también se distribuyen de manera muy amplia en las zonas norte y árticas, las cuales son en realidad bastante secas. Muchos musgos pueden soportar desecaciones periódicas y recobrar su estado de crecimiento poco tiempo después de agregárseles agua. Los musgos y hepáticas tienen la capacidad de soportar la desecación que sufren en las heladas invernales. Se pueden encontrar diversos musgos desarrollándose en suelos ácidos o depósitos de metales pesados. Las briofitas abundan en los bosques lluviosos de las latitudes templadas y tropicales del mundo. Las alfombras postradas de musgos y hepáticas captan el agua y los minerales que fluyen por los tallos. También es común encontrar briofitas en madera putrefacta, en esta parte constituyen una parte reducida de la secuencia de organismos implicados en la descomposición de los troncos, y hacen uso de los minerales que los hongos e insectos liberan.

Al igual que los líquenes, las briofitas suelen ser especies colonizadoras o pioneras de la superficies rocosa desnudas; esto se debe a su capacidad de resistir la desecación. No obstante, su importancia como plantas colonizadoras todavía no está determinada (al igual que ocurre con los líquenes). Bajo estas condiciones las briofitas se desarrollan lentamente, se acumula muy poca materia orgánica; por otra parte al parecer solo se suceden entre sí o suceden a líquenes.

El pequeño vástago folioso de un musgo es su generación gametofítica (n). El vástago se compone de filoides dispuestos de manera helicoidal sobre el cauloide. Los filoides tienen, por lo común, una capa celular de grosor y carece de tejido vascular verdadero. El cauloide consta de una epidermis, una corteza y una columna central de células alargadas. Los musgos se caracterizan por tener rizoides multicelulares que se adhieren a la parte inferior del vástago folioso; los rizoides ayudan a anclar la planta, así como a la absorción del agua y minerales del suelo.

Los vástagos se desarrollan a partir de filamentos celulares semejantes a algas denominados protonemas, esto se produce cuando las esporas germinan. El gametofito adulto se conforma de una excrecencia semejante a una yema que surge de la célula protonémica.

Las esporas de los musgos pueden germinar al poco tiempo de haber sido liberadas, o bien pueden permanecer en estado latente durante algún tiempo. Si las condiciones imperantes son desfavorables para la germinación, las esporas tienen la capacidad de mantenerse viables por largos periodos; en cierta ocasión, algunas esporas que se almacenaron durante 55 años en un museo pudieron germinar cuando sus condiciones ambientales se modificaron.



Ciclo de vida de los musgos con alternancia de generaciones

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Las hepáticas incluyen especies foliosas, así como especies postradas. Hay mayor cantidad de especies foliosas que especies postradas.

El cuerpo de las hepáticas postradas se denomina *talo* y, en general, tiene forma de abanico, así como lobulación y ramificación **dicotómica** (es decir, su ramificación es siempre igual). La parte de la planta en contacto con el suelo está compuesta por capas compactas de células. De esta superficie surgen rizoides unicelulares y escamas multicelulares que absorben el agua y minerales. La superficie de la parte superior está organizada en una serie de cámaras de aire delimitadas por células fotosintéticas.

Las hepáticas se reproducen asexualmente por fragmentación o por la producción de unidades reproductivas especiales denominadas **gémulas**.

Cuando las hepáticas se reproducen sexualmente, se distinguen dos estructuras multicelulares en el gametofito: el gametangio masculino se denomina **anteridio** y produce los espermatozoides biflagelados; el gametangio femenino es el **arquegonio** y produce una célula huevo. El carácter más importante tanto del anteridio como del arquegonio es su cubierta de células estériles o no reproductivas; dicha cubierta rodea los gametos en desarrollo.

En la superficie del gametofito de *Marchantia* se forman pequeñas estructuras multicelulares denominadas copas de las gémulas. Las gémulas son pequeños discos multicelulares de tejidos verdes desarrollados en el fondo de dichas cápsulas. Cuando han madurado, las gémulas se desprenden del talo y pueden ser acarreadas lejos de la planta paterna; la lluvia con frecuencia participa en dicho transporte.

Comprende unas cien especies de antoceros. Los esporofitos en forma de cuernos son los que distinguen a los antoceros del resto de las briofitas, y es lo que le da el nombre (del griego *keras*, 'cuerno').

El esporofito de los antoceros, así como el de los musgos, posee estomas con células oclusivas, estructuras ausentes en las hepáticas. El gametofito de un antocero suele tener forma de lámina rizada, redonda y verde, de unos centímetros de anchura.

Las pruebas moleculares sitúan los orígenes de los antoceros hace unos 700 millones de años, pero el registro fósil actual se extiende solo a 400 millones de años. Los antoceros son similares a una primitiva planta vascular, la extinta *Horneophyton*, que surgió hace unos 400 millones de años. Ambos tipos de vegetales poseen esporangios en forma de tallos, lo que despierta las hipótesis de que bien *Horneophyton* tenía sus orígenes en los antoceros, o bien los antoceros evolucionaron a partir de *Horneophyton*.

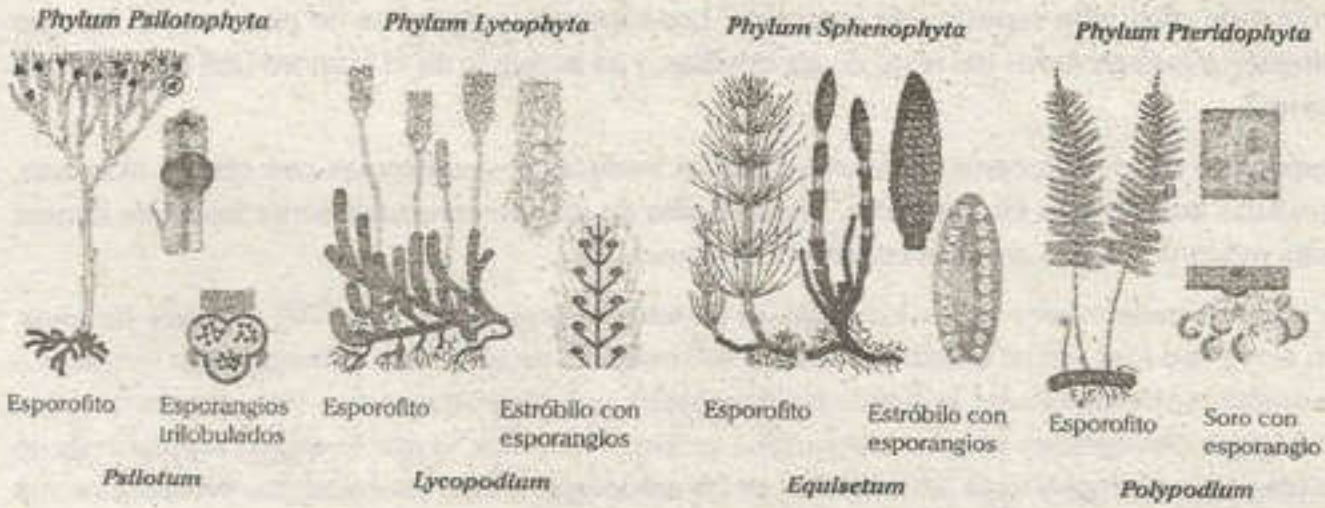
Lumbreras Editores

Las plantas vasculares sin semillas existentes en la actualidad se encuentran en cuatro *filas*: *Psilotophyta* (psilotáceas), *Lycophyta* (licopodios y plantas relacionadas), *Sphenophyta* (equisetos) y *Pteridophyta* (helechos), que resulta ser el mayor grupo.

Filo	Nombre común	Especies	Tipo de hoja	Tipo de espora	Comentario
Psilotophyta	psilotáceas	142	Enaciones	Homospóricos	Plantas vasculares más simples.
Lycophyta	licopodios, selaginelas, isoetes	cerca de 1000	Microfilos	Homospóricos y heterospóricos	Gametofito endoscópico en las selaginelas e isoetes.
Sphenophyta	equisetos	15	Microfilos	Homospóricos	Tallos huecos, articulados.
Pteridophyta	helechos	unos 11 000	Megáfilos	Homospóricos	Es el grupo más común.

Los primeros vegetales fósiles de plantas vasculares sin semillas datan de hace unos 450 millones de años. Los datos moleculares sugieren que las primeras plantas podrían haber evolucionado hace incluso 700 millones de años. Las primeras plantas vasculares no producían semillas y necesitaban de agua externa para que el anterozoide pudiera nadar hasta la ovocélula para la fecundación. Esto sugiere que las plantas terrestres surgieron a partir de las algas verdes de la clase *Charophyceae*. Las plantas vasculares sin semillas, junto con los briofitos, fueron las primeras plantas. A diferencia de las briofitas poseían xilema y floema. Este grupo de plantas durante el periodo carbonífero (hace 362-290 millones de años) eran el tipo de planta más extendido.

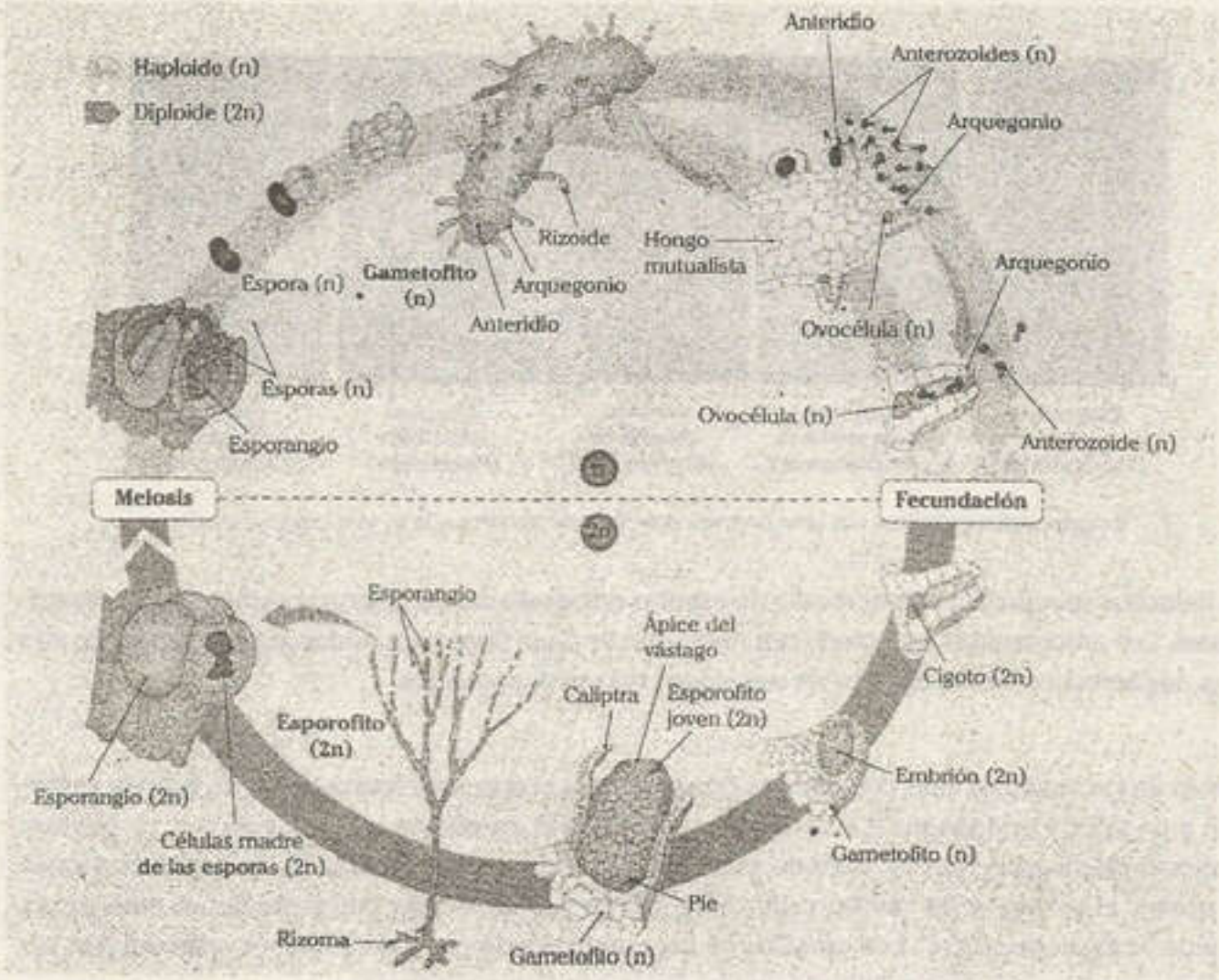
En las plantas vasculares sin semillas, como en las plantas con semillas, el esporofito es dominante. La mayoría de las especies son homospóricas y la heterosporia, que es característica de las plantas con semilla, se da en algunas especies.



Representantes de las plantas vasculares sin semillas

9.2. FILUM PSILOTOPHYTA

El género principal, *Psilotum*, pertenece a vegetales que poseen sistemas del vástago ramificados. Carecen de raíces y tienen enaciones en lugar de hojas. Los esporangios trilobulados amarillentos surgen en el extremo de los tallos. Los psilotófitos son homospóricos y cuentan con gametófitos bisexuales. Como en otras plantas vasculares sin semillas, el esporofito se vuelve independiente.



Ciclo de vida de *Psilotum* sp., resalta su esporofito dominante.

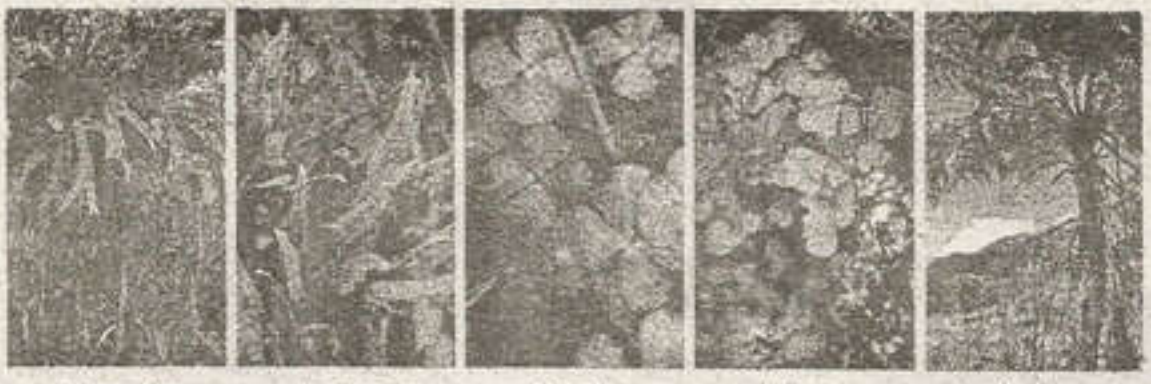
9.3. FILUM LYCOPHYTA

Todos los licofitos modernos son herbáceos y presentan micrófilos, que en algunas especies poseen esporangios dispuestos en estróbilos parecidos a las piñas. Los licopodios son homospóricos y presentan gametofitos exospóricos, pero las selaginelas y los isoetes son heterospóricos y poseen gametofitos endospóricos.

9.4. FILUM SPHENOPHYTA

Los equisetos son el único género vivo de los esfenofitos. Son homospóricos y su esporofito posee tallos huecos, articulados con micrófilos verticilados. Los gametofitos fotosintéticos independientes suelen ser bisexuales. Las especies arborescentes se dieron en el periodo carbonífero.

Muchos helechos tienen tallos subterráneos o rizomas y, por lo general, carecen de sistemas radiculares con desarrollo elevado. Todos ellos tienen sistemas vasculares que carecen de un crecimiento secundario.



Platycerium andinum (*Polypodiaceae*) | *Lepisorus macrosphaerus* (*Polypodiaceae*) | *Marsilea quadrifolia* (*Marsileaceae*) | *Adiantum edentulum* (*Pteridaceae*) | *Cyathea delgadii* (*Cyatheaceae*)

Las pteridofitas adoptan una gran diversidad de formas, permitiendo su adaptación al medio.

Los helechos se reproducen por medio de esporas desarrolladas para formar gametofitos independientes. Los anterozoides que producen necesitan de agua libre para poder llegar al óvulo. En sus hojas, los helechos tienen algunos de sus rasgos más evolucionados.

Hojas

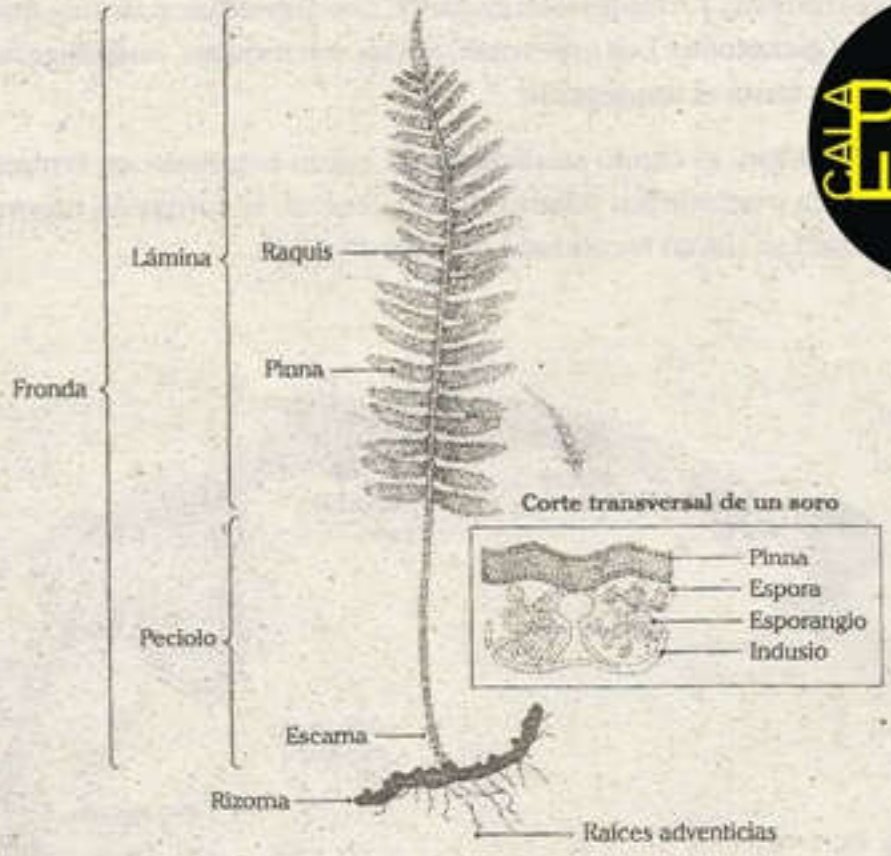
La hoja de los helechos más conocida es una gran hoja compuesta formada por un estípite semejante a un tallo, y una lámina. La lámina se puede dividir en pinnas las que, a su vez, se pueden fraccionar de diversas formas. Cuando estas hojas compuestas se forman (lo que sucede debajo del suelo), el estípite y las pinnas están muy enrolladas. La fronda enrollada de un helecho es llamada "cabeza de violín". Los estudios de las especies existentes de helechos sugieren que las hojas compuestas son más primitivas que las hojas con láminas simples.

Tallos

Los tallos de la mayor parte de los helechos son rizomas subterráneos o estructuras cortas erguidas cerca del nivel del suelo. En unas cuantas especies, los tallos pueden tener forma de barril o ser bastante altos, como en el caso de los helechos arborescentes. Los de algunos helechos arborescentes pueden llegar a medir entre 20 y 30 m de altura. Como los helechos actuales carecen de crecimiento secundario que provenga de un cámbium organizado, los tallos de los helechos nunca crecen en diámetro.

Los rizomas de los helechos tienen un papel importante en la propagación de la planta. Estos se pueden propagar muy rápido por división, lo que le permite a los helechos competir con las gramíneas y otras plantas.

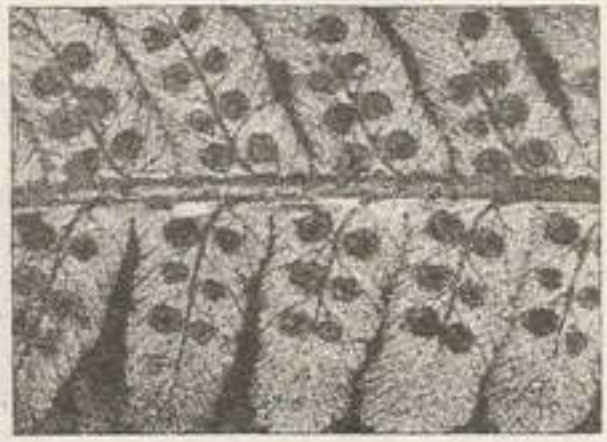
Son relativamente uniformes y sencillas. Presentan una endodermis bien definida. Estas raíces adventicias se originan, por lo general, a partir de la endodermis del tallo, abriéndose camino a través de sus tejidos, según van creciendo.



Anatomía externa de un helecho típico

5.5.2. Esporangios y esporas

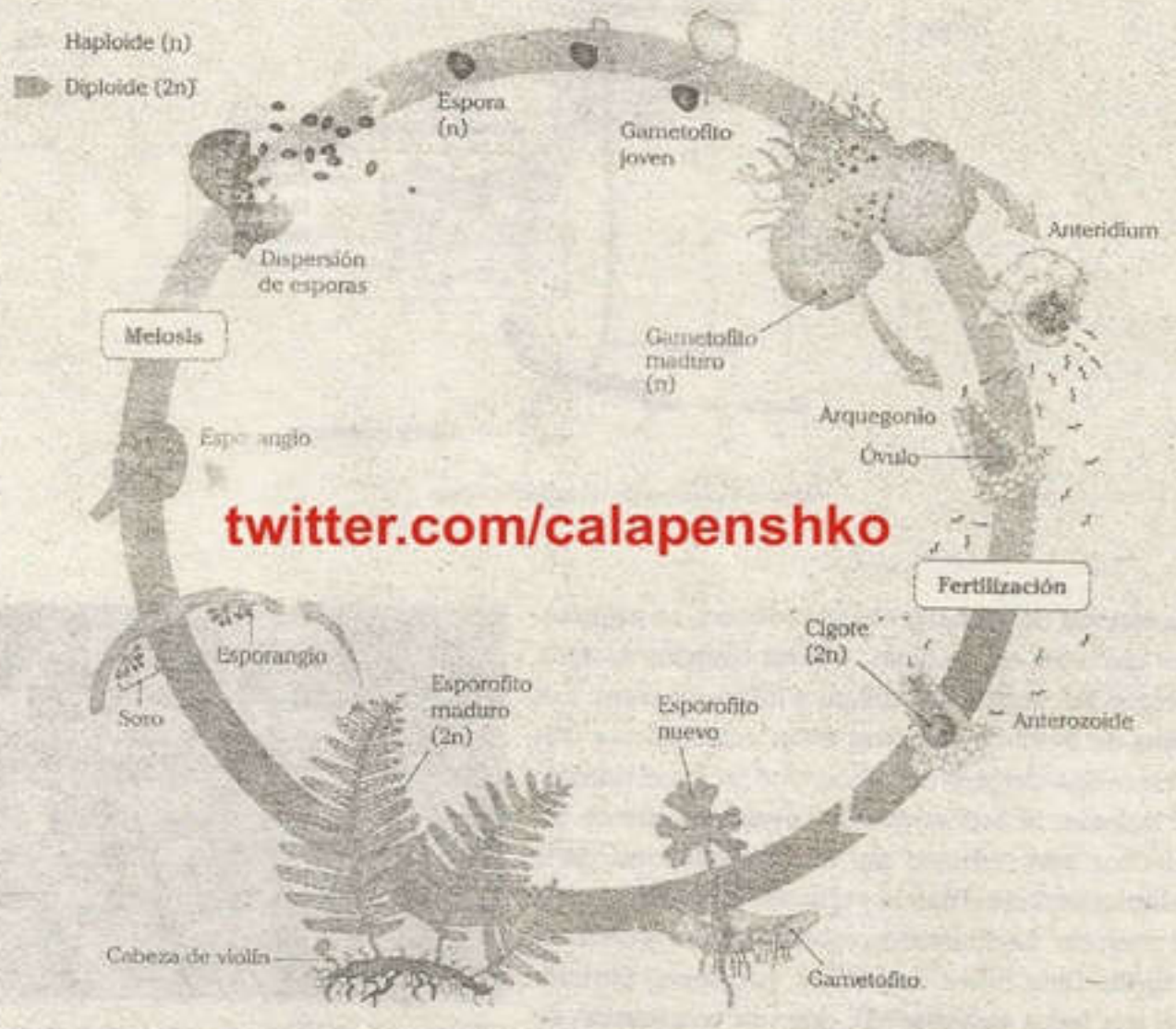
Las esporas de los helechos se producen en esporangios ubicados en las hojas. Los esporangios se agrupan con frecuencia en conjuntos llamados soros. Los **soros** de muchos helechos están cubiertos por una excrecencia delgada de la hoja que recibe el nombre de **indusio**. El esporangio de la mayor parte de los helechos está formado por una cápsula cuya parte posterior está rebordeada y ubicada en el extremo de un pedicelo. La apariencia rebordeada se la confiere el **anillo** (una hilera de células que tienen paredes con tres lados engrosados), que por una tensión de sus células expulsa a las esporas rápida y vigorosamente. La mayor parte de los helechos son homospóricos y producen un solo tipo de esporas.



Los soros, o agrupación de esporangios de los helechos, pueden estar cubiertos por estructuras con forma de paraguas, denominadas indusios.

Las esporas de los helechos germinan con rapidez en los suelos húmedos. La luz roja induce la germinación en los helechos. A partir de las esporas se desarrolla, con el tiempo, un gametofito que puede tener la forma de una lámina en forma de corazón, que se caracteriza por tener una vena media, una muesca apical, dos alas laterales aplanadas de tejido (que dan a la planta completa su forma acorazonada) y rizoides unicelulares. Los anteridios y arquegonios se forman en la superficie inferior del gametofito. Los espermatozoides son móviles, multiflagelados y necesitan de agua para poder nadar hasta el arquegonio.

Después de la fecundación, el cigoto se divide y da como resultado un embrión con un pie, así como una raíz, plántula y primordios foliares. Por lo general, se forma un esporofito a partir de un gametofito, aun cuando se hayan fecundado más de un óvulo.



twitter.com/calapenshko

Ciclo de vida de un helecho, destaca la alternancia de generaciones.

5.5.4. Comparación entre musgos y helechos

Más allá de una propagación por esporas entre musgos y helechos, existen diferencias que han permitido a estas últimas la conquista con éxito de los ambientes terrestres.

Musgo	Helecho
El gametofito es fotosintéticamente independiente.	El gametofito es independiente en términos de sus fuentes nutritivas.
El esporofito depende del gametofito para obtener gran parte de sus nutrientes.	El esporofito es una planta conspicua y completamente independiente del gametofito.
La carencia de tejidos vasculares hace del esporofito una generación temporal.	Los tejidos vasculares del helecho lo adaptan bien a la vida en la tierra.

6▸ PLANTAS CON SEMILLA: GIMNOSPERMAS

Las gimnospermas son, en su totalidad, plantas vasculares leñosas, pero los grupos incluidos bajo este nombre no comparten un antecesor común inmediato. Es por ello que cada uno de los grupos que incluye se reconoce como una división.

Hay cuatro divisiones de este tipo: la *Cycadophyta* (cicadas), la *Ginkgophyta* (ginkgo), la *Coniferophyta* (coníferas), y la *Gnetophyta* (*Gnetum*, *Ephedra* y *Welwitschia*).

El mecanismo de reproducción de las gimnospermas es diferente al de los helechos. El esporofito de las gimnospermas no libera sus esporas al medio después de producirlas. Dichas esporas germinan en su sitio de formación, y se desarrollan en gametofitos reducidos que dependen del esporofito para su nutrición y protección.

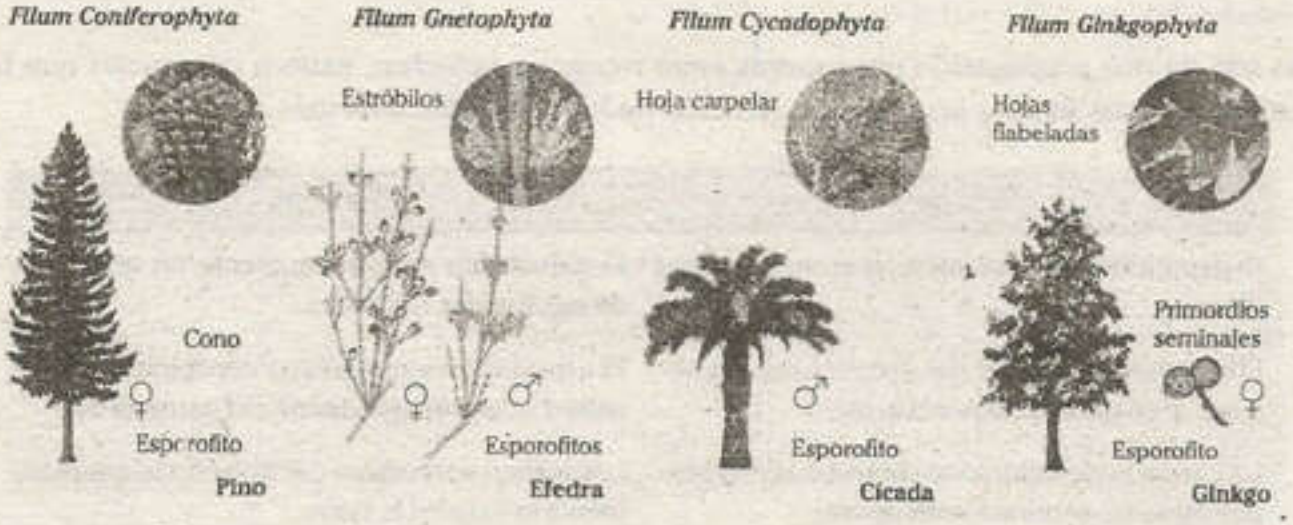
Las gimnospermas son heterospóricas, las megasporas que producen al megagametofito o gametofito femenino, a su vez productor del óvulo, y las microsporas que originan el gametofito masculino, que producen los anterozoides. Los microgametofitos, que son gametofitos masculinos parcialmente desarrollados y rodeados por paredes resistentes, se conocen como granos de polen.

6.1. SIGNIFICADO ADAPTATIVO DE LAS GIMNOSPERMAS

Las gimnospermas muestran diversos cambios en sus ciclos de vida en relación con los helechos. El significado adaptativo que tienen estos cambios respecto a la vida en la Tierra es sumamente importante. Consideremos los siguientes tres puntos:

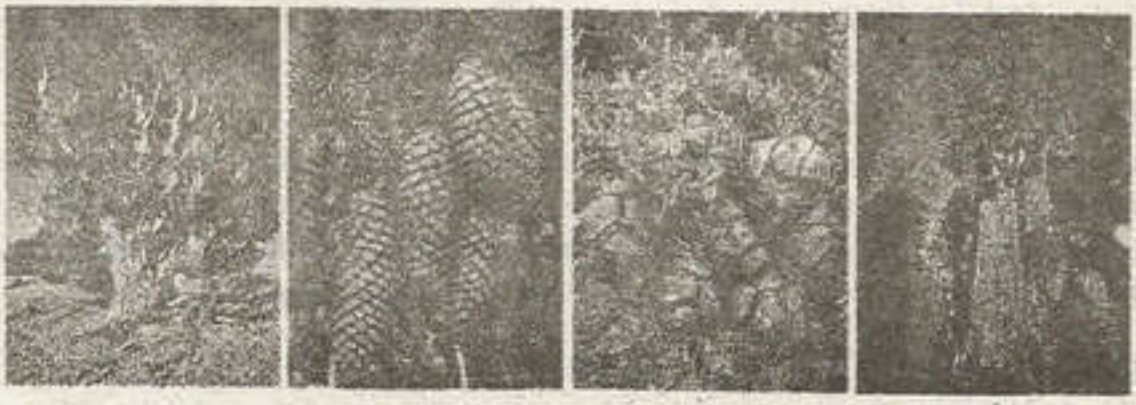
- En las gimnospermas, los gametofitos obtienen sus recursos de los esporofitos maduros.
- Ya no se requiere agua para la fecundación.
- El agente reproductivo y de dispersión más importante es en este caso la semilla.

De este modo, las gimnospermas están adaptadas a la vida terrestre, y han tenido mucho éxito en este medio. Dichos organismos han formado una parte importante de la flora desde el Carbonífero, hace más de 345 millones de años.



Representantes de las gimnospermas, muestran sus estructuras reproductivas.

Las coníferas son un grupo importante de plantas en términos de su extensión en la Tierra, así como de su valor comercial. Se conocen siete familias con aproximadamente 50 géneros y 500 especies. Las familias principales son *Pinaceae*, que incluye los géneros *Pinus* (pinos), *Picea* (abeto) y *Cedrus* (cedro); la *Cupressaceae*, que incluye el género *Cupressus* (ciprés); la *Taxodiaceae* que incluye al género *Sequoia* que tiene la especie de árboles más altos del mundo, que mide 112 m. Las coníferas incluyen al ser viviente probablemente más antiguo de la Tierra, *Pinus longaeva* (pino erizado) que tiene entre 4000 y 5000 años de edad.

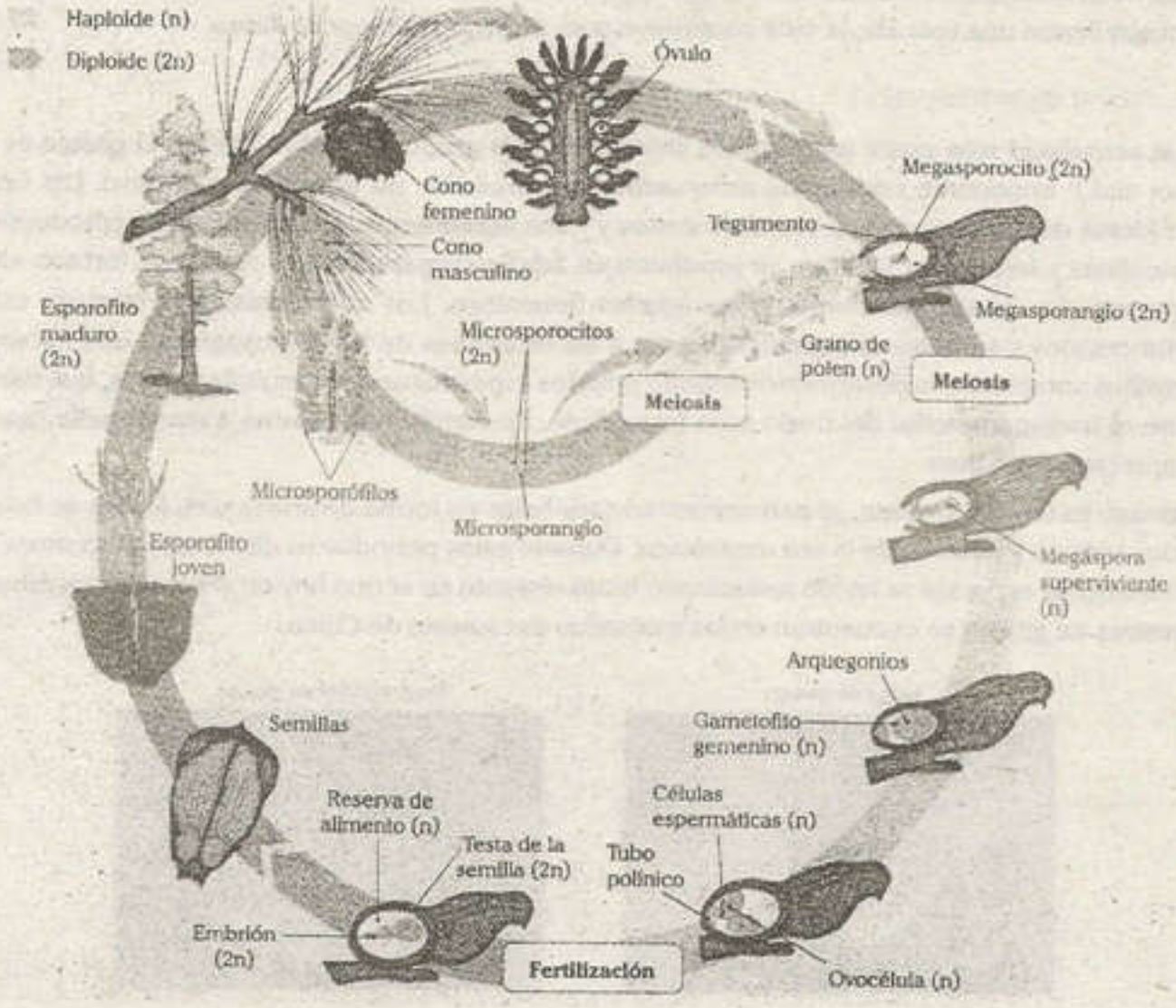


Pinus longaeva (*Pinaceae*) | *Picea abies* (*Pinaceae*) | *Cupressus sempervirens* (*Cupressaceae*) | *Sequoia sp.* (*Taxodiaceae*)

Especies de coníferas, algunos muestran sus conos o piñas.

Todas las coníferas son arbustos o árboles, la mayor parte de ellas tiene un solo eje dominante o tronco, lo cual es característico de los pinos, abetos que se utilizan como árboles de Navidad. Las hojas de todas las coníferas son simples, la mayor parte de ellas son aciculares o en forma de escamas. Todas las coníferas presentan un crecimiento secundario, que es muy vasto. El xilema está compuesto por traqueidas y células parenquimatosas. La estructura reproductiva más común de las coníferas es el cono, los conos femeninos son más largos y persisten más tiempo. Todas las coníferas se polinizan mediante el viento.

Los pinos, por lo general, son árboles que tienen una fuerte dominancia apical. El tronco de un pino se encuentra formado principalmente por tejido xilemático secundario, se compone de traqueidas con disposición regular que tienen poros rebordeados y radios de células parenquimatosas vivas. En el xilema se encuentran ubicados los canales resiníferos que acumulan resinas y que están delineadas por células parenquimatosas. El cámbium suberoso y el vascular son muy activos. Producen las cortezas gruesas, que es importante en la reducción del daño que sufren los árboles con los incendios, y también reduce la pérdida de agua.



Ciclo de vida del pino, resalta el esporofito dominante con sus conos.

Las hojas de los pinos son aciculares, crecen en forma individual o en grupos. La epidermis de la hoja tiene paredes gruesas altamente cutinizadas. Las células guardianas de los estomas están hundidas. Todos estos son rasgos de las plantas que habitan las regiones secas.

El sistema radicular de la mayor parte de los pinos es extensivo, pero superficial. No se presenta una raíz principal central y fuerte. La zona de los pelos radiculares de los pinos es corta, y con frecuencia se establece una asociación estrecha del tipo micorrizas en las raíces laterales cortas.

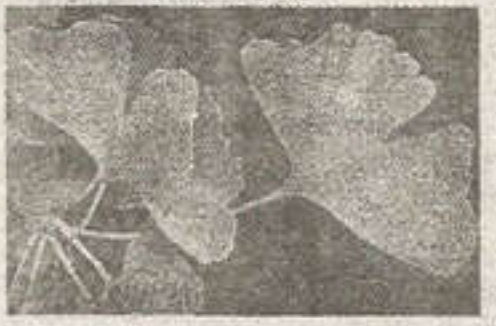
En el ciclo reproductivo de los pinos, el mismo árbol produce conos femeninos como masculinos. Los conos masculinos se forman en grupos en la base de las yemas terminales. Los conos se comienzan a producir hacia fines de otoño y el polen se libera a fines de la primavera. Cada grano de polen suele tener dos pequeñas alas o vejigas aéreas que probablemente contribuyen a su dispersión por viento. Los conos femeninos se forman cerca del extremo de las ramas más jóvenes. En el momento en que se lleva a cabo la polinización, los conos femeninos son bastante pequeños y las escamas de los conos están separadas. Las semillas de los pinos tienen un solo embrión. El embrión maduro consta de un ápice radicular, el eje del tallo que incluye el ápice de la plántula, y hasta ocho cotiledones aciculares, lo cual depende de la especie. Las semillas de muchas especies también tienen una sola ala, la cual contribuye para su dispersión por el viento.

6.3. *FILUM GINKGOPHYTA*

En la actualidad solo existe una especie viviente de este grupo, la *Ginkgo biloba*. El ginkgo es un árbol alto e imponente con ramas recurvadas que surgen de un tronco basal grueso. Las hojas con forma de abanico crecen en tallos cortos y caen anualmente. Las estructuras reproductivas masculinas y femeninas siempre se producen en árboles separados. Los óvulos se forman en la parte superior de un pedúnculo de los árboles femeninos. Los microsporangios también están pedunculados y se parecen superficialmente a los estambres de las angiospermas. Los microgametofitos completan su desarrollo formando grandes espermatozoides multiflagelados, que nadan sobre el megagametofito del óvulo para fecundarlo. La semilla, con aroma a mantequilla rancia, es apreciada en China.

El ginkgo es un fósil viviente, se han encontrado sus hojas en forma de abanico en fósiles de los periodos triásico y jurásico de la era mesozoica. Durante estos periodos su distribución era mundial. El número de especies se ha ido reduciendo hasta el punto en el que hoy en día los únicos árboles silvestres de ginkgo se encuentran en las montañas del sureste de China.

Hojas de ginkgo



Registro fósil de ginkgo

Los ginkgo son considerados fósiles vivientes.

6.4. *FILUM CYCADOPHYTA*

Las cícadas tienen una apariencia poco común. Sus hojas son grandes, similares a las de las palmeras y pueden llegar a medir entre 1 y 2 m de longitud. Sus tallos suelen tener forma de barril. El crecimiento primario de las cícadas es bastante lento (se ha calculado que una planta de casi 2 m de altura tenía cuando menos 1000 años de edad) y su crecimiento secundario es limitado. En las cícadas las estructuras reproductivas femeninas y masculinas se producen en plantas diferentes.

6.5. FILUM GNETOPHYTA

Esta división constituye una colección extraña de plantas. Se compone por tres géneros únicamente: *Ephedra*, *Welwitschia* y *Gnetum*; cada uno de ellos se encuentra en una familia, clase y orden diferentes. Es posible que cada uno represente una línea evolutiva distinta e independiente.

Ephedra son arbustos o árboles pequeños, en su mayor parte son plantas desérticas con tallos verdes y hojas reducidas con formas de escamas. *Gnetum* es un género que habita los bosques tropicales. Las especies de *Gnetum* tienen hojas amplias y son plantas arbóreas o enredaderas trepadoras. Las plantas del género *Welwitschia* se desarrollan en los desiertos de Namib del oeste de África, en Angola y Namibia.

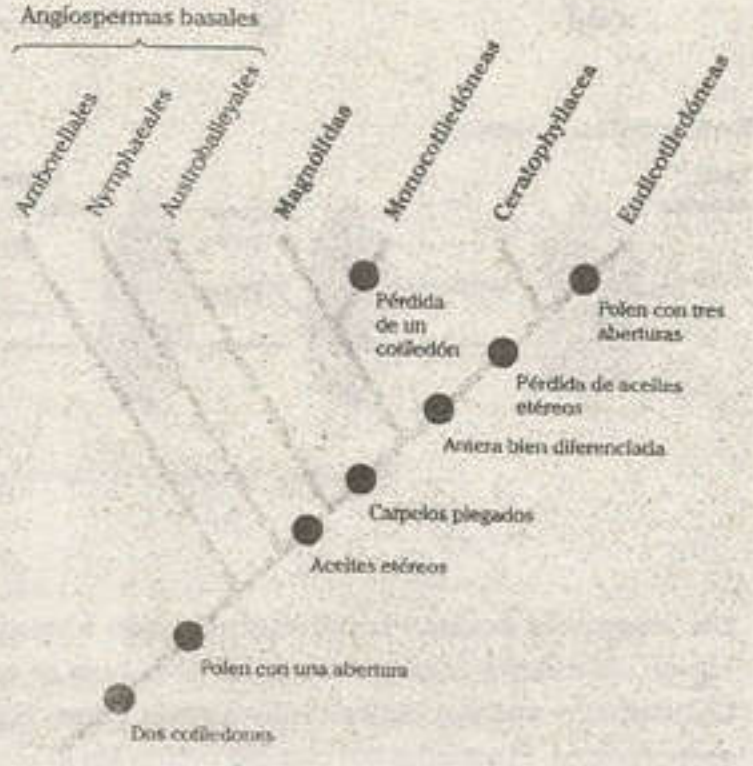
Las *Gnetophyta* son las únicas gimnospermas en las que el xilema contiene tanto traqueidas como vasos.

▸ PLANTAS CON FLORES: ANGIOSPERMOPHYTA

Cuando uno se refiere a las plantas con flores, se está tratando con plantas que han evolucionado para adaptarse no solo a la vida en la Tierra, sino también a la vida terrestre en un mundo lleno de animales. Las angiospermas constituyen el filum *Anthophyta*, y son las plantas más extendidas por todo el mundo, con más de 250 000 especies. Son el último grupo importante de plantas que evolucionó, pues aparecieron hace entre 130 y 145 millones de años.

7.1. EVOLUCIÓN DE LAS ANGIOSPERMAS

Las angiospermas aparecen por primera vez en el registro fósil de principios del periodo cretácico, hace unos 142 millones de años. Los datos de las secuencias de ARN y ADN sugieren que el linaje que dio origen a las plantas con flores pudo haber estado separado de otras plantas con semilla durante al menos 280 millones de años. Las angiospermas no aparecen en gran cantidad en el registro fósil hasta los últimos 30 millones de años del periodo cretácico, un lapso de tiempo relativamente corto evolutivamente hablando. Por consiguiente, en términos evolutivos, el origen y la expansión de las angiospermas puede describirse como algo repentino, un desarrollo que el mismo Darwin calificó de "un misterio abominable".

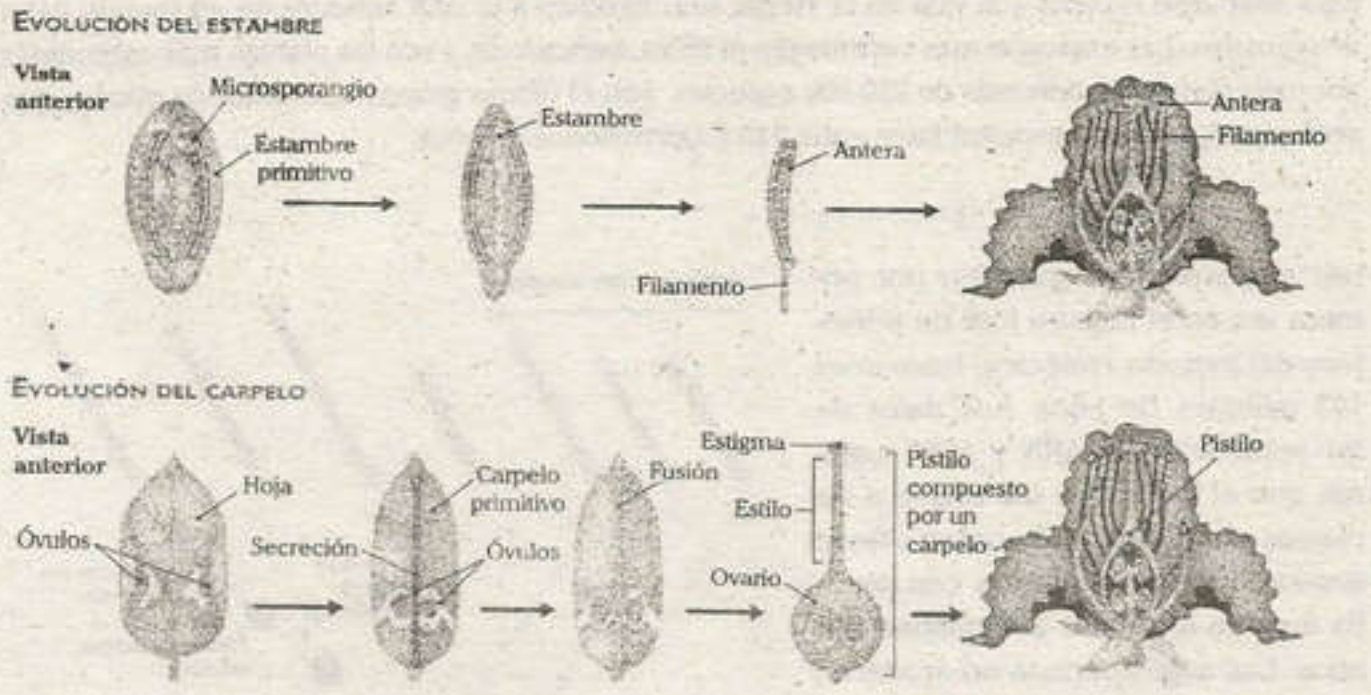


Este diagrama muestra las posibles relaciones evolutivas de los principales grupos de angiospermas. Cerca del 97% de las especies son monocotiledóneas o eudicotiledóneas.

Las relaciones evolutivas entre las angiospermas y gimnospermas siguen siendo confusas. El grupo de gimnosperma más similar a las plantas con flores es la *Gnetophyta*; que engloba al género *Ephedra*. Los rasgos que comparten son la presencia de estructuras parecidas a vasos en el xilema y las similitudes entre sus estróbilos y las inflorescencias de algunas plantas con flores primitivas.

La estructura del grano de polen es uno de los caracteres utilizados para trazar la evolución de las angiospermas. Del mismo modo que en algunas gimnospermas y en todas las monocotiledóneas, los granos de polen de la mayoría de las angiospermas primitivas poseen una abertura de germinación.

Al igual que las gimnospermas, las angiospermas poseen semillas y tubos polínicos que facilitan la supervivencia y la reproducción en la Tierra. El término angiospermas procede de las palabras griegas *angion* ('recipiente') y *sperma* ('semilla') y es debido a que los óvulos y las posteriores semillas cuentan con una protección denominada ovario, que es la base de una hoja modificada, denominada carpelo. Un fruto es por lo general un ovario maduro. En consecuencia, el embrión en desarrollo se encuentra protegido de la desecación, las enfermedades y los herbívoros no solo por la testa, sino también por los tejidos envolventes del fruto.



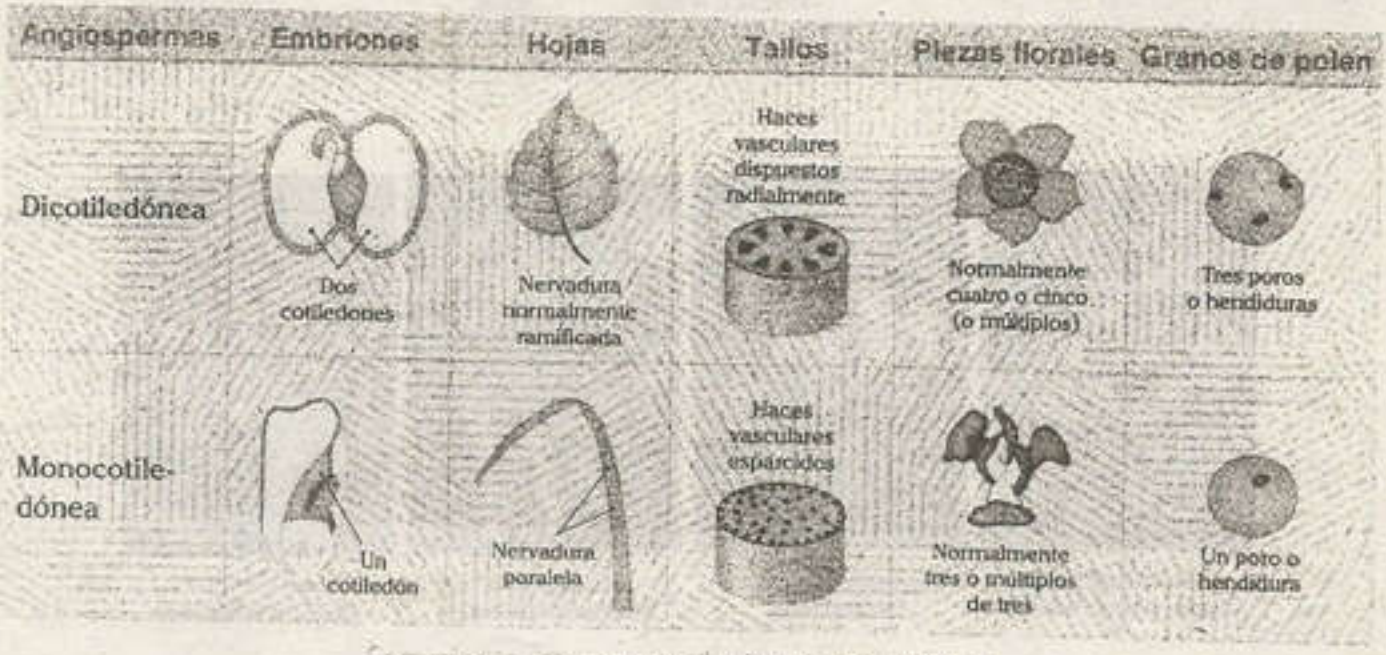
Evolución del carpelo y el origen de las angiospermas

Los estambres podrían haber evolucionado a medida que los microsporangios expuestos fueron envueltos y la porción inferior de la hoja se estrechó, convirtiéndose en un filamento. Los carpelos podrían haber evolucionado como hojas plegadas, que comprendían los megasporangios. El estigma del carpelo podría ser el resultado de la reducción de una superficie estigmática mayor.

Tradicionalmente, el filo *Anthophyta* se ha dividido en dos clases principales: monocotiledóneas y dicotiledóneas. Las especies que presentan un embrión con un cotiledón se han clasificado como monocotiledóneas, mientras que las que presentan embriones con dos cotiledones se denominan dicotiledóneas. Sin embargo, recientes estudios moleculares han revelado que las dicotiledóneas no son monofiléticas, y han seguido varias líneas de evolución. La gran mayoría de las dicotiledóneas se conocen ahora como eudicotiledóneas.

CUADRO COMPARATIVO ENTRE LAS DICOTILEDÓNEAS Y MONOCOTILEDÓNEAS

Dicotiledóneas	Monocotiledóneas
- Dos cotilédones u hojas de la semilla en el embrión.	- Un cotiledón u hoja de la semilla en el embrión.
- Las venas principales de las hojas se ramifican a partir de la vena media o de la base.	- Venas principales de las hojas con disposición paralela.
- Partes florales generalmente dispuestas en quintetos o bien en pares o tercias (o múltiplos de ellos).	- Las partes florales generalmente dispuestas en tercios (o múltiplos de tres).
- El sistema radicular se caracteriza por su eje principal.	- Sistema radicular fibroso y adventicio.
- Presenta tallo con haces vasculares dispuestos en un solo cilindro (que en un corte transversal se observa como un anillo).	- Tallo con los haces vasculares esparcidos de manera irregular a través del tejido fundamental.
- El cámbium añade una capa cilíndrica nueva de madera cada año o temporada de crecimiento, dicha capa se conoce como anillo de crecimiento.	- El tallo y la raíz carecen de cámbium vascular y no incrementan su diámetro por la formación anual de capas cilíndricas de madera.



Comparación entre monocotiledóneas y dicotiledóneas.

En la actualidad, la clasificación de las angiospermas se lleva a cabo según criterios filogenéticos, utilizando datos moleculares (secuencia de ADN del núcleo celular, de la mitocondria y del cloroplasto). Debido al árbol filogenético obtenido del análisis, se clasificó a las angiospermas en cuatro grupos presentados en el siguiente cuadro:

	ANGIOSPERMAS BASALES	MAGNÓLIDAS	MONOCOTILEDÓNEAS	EUDICOTILEDÓNEAS
Flores	Disposición helicoidal. Numerosas partes florales. Carpelos secretados por secreción.	Disposición helicoidal. Entre pocas y numerosas partes florales. Carpelos cerrados por células.	Disposición verticilada. Partes florales múltiplo de tres. Carpelos cerrados por células.	Disposición verticilada. Partes florales múltiplo de cuatro o cinco. Carpelos cerrados por células.
Polen	Una abertura	Una abertura	Una abertura	Tres aberturas
Semillas	Dos cotiledones	Dos cotiledones	Un cotiledón	Dos cotiledones
Nervadura	Reticulado	Reticulado	Paralelo	Reticulado
Tallo con haces vasculares	Formando un anillo	Formando un anillo	Disposición dispersa	Formando un anillo
Sistema radicular	Axonomorfo	Axonomorfo	Fasciculado	Axonomorfo
Ejemplos	*Amborella*, familia de los nenúfares.	Familia de la magnolia, pimienta negra.	Gramíneas, palmeras, orquídeas, lirios.	Rosas, uvas, manzanas, frejoles, robles.

Comparación morfológica de los cuatro grupos de angiospermas.

Amborella trichopoda (Angiospermas basales) | Magnolia grandiflora (Magnólidas) | *Cattleya rex* (Monocotiledóneas) | *Malus domestica* (Eudicotiledóneas)

Diversidad en las angiospermas

La estructura del fruto y de la flor se utiliza con frecuencia para la clasificación, mientras el tallo y las hojas se usan con menor frecuencia. La clasificación del filo *Anthophyta* comprende más de 450 familias, y cada familia cuenta con un gran conjunto de caracteres que ayudan a distinguir a sus miembros.

Algunas familias son *Poaceae* (gramíneas) que son monocotiledóneas que dependen del viento para la polinización y que incluyen casi todos los vegetales productores de granos. *Orchidaceae* (orquídeas), la mayor familia, está compuesta por monocotiledóneas con pétalos grandes y vistosos que atraen a los polinizadores. *Asteraceae* (familia del girasol), la mayor de las familias de eudicotiledóneas, tienen flores con grandes cabezuelas compuestas. *Fabaceae* (leguminosas) son la tercera familia en tamaño. Las cucurbitáceas, que comprende el melón y la calabaza, tienen flores unisexuales. Las flores de las salicáceas (familia del sauce) se disponen en amentos. La familia *Lemnaceae* comprende las lentejas de agua, que son las plantas con flores más pequeñas del mundo.

Poa annua (*Poaceae*) | *Epidendrum ellipticum* (*Orchidaceae*) | *Coreopsis tripteris* (*Asteraceae*) | *Phaseolus vulgaris* (*Fabaceae*) | *Cucurbita pepo* (*Cucurbitaceae*)

Familias más representativas de las angiospermas

- DES ABBAYES, H. y colaboradores. *Botánica, vegetales inferiores*. Barcelona: Editorial Reverté, 1989.
- IZCO, Jesús (Coord.). *Botánica*. Segunda edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 1997.
- NABORS, Murray W. *Introducción a la botánica*. Madrid: Pearson Educación, 2006.

Lectura

La evolución de las flores: hojas altamente modificadas

En las plantas vasculares, la mayoría de las estructuras productoras de esporas han evolucionado como hojas modificadas, denominadas esporofilos. Los esporofilos evolucionaron por primera vez en las plantas vasculares sin semillas. En las plantas de este tipo actuales, los esporangios suelen estar en la superficie del esporofilo. En las gimnospermas, los esporangios se desarrollaban en el interior de los esporofilos y de ramas modificadas que evolucionaron hasta convertirse en escamas, generalmente organizadas en forma de piñas. En las angiospermas, los esporofilos evolucionaron de manera distinta a los de otras plantas vasculares, tanto en la estructura como en la organización. Los esporofilos con microsporangios se convirtieron en estambres, mientras que los esporofilos con megasporangios se convirtieron en carpelos. Los sépalos y pétalos evolucionaron como hojas modificadas estériles asociadas a los esporofilos.

Al estudiar los fósiles, los paleobotánicos han establecido hipótesis acerca de la evolución de los estambres, carpelos, sépalos y pétalos como hojas modificadas. Las siguientes tendencias principales son evidentes en la evolución de las angiospermas:

- Los estambres y carpelos pierden su aspecto foliar y, por lo general, los carpelos se sueldan para formar un ovario pluricarpelar.
- Los pétalos y sépalos evolucionan desde que son muy similares, hasta que son muy distintos en apariencia.
- El número de partes florales se vuelve fijo y con frecuencia se reduce.
- La disposición de las partes florales evoluciona desde ser espiral, similar a la de las escamas de los conos, a ser verticilada.
- La simetría radial de las flores cede el paso a la simetría bilateral en varias líneas evolutivas independientes.

NABORS, Murray W. *Introducción a la botánica*. Madrid: Pearson Education, 2006.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Las briofitas son plantas muy simples comparadas a las plantas vasculares, pero ambas se diferencian de las algas verdes por

A) presentar un embrión que se mantiene en el gametofito.
B) contener pigmentos fotosintéticos como la clorofila a y b.
C) almacenar almidón como reserva energética.
D) una generación gametofítica dominante.
E) su reproducción asexual a través de rizomas.

Resolución

Las briofitas y las plantas vasculares se diferencian de las algas verdes por presentar un embrión que se mantiene en el gametofito. Esta característica les permite a las plantas ser terrestres y tener el embrión protegido de la carencia de agua. Recordemos que las briofitas aún requieren de un medio húmedo para el desplazamiento de los gametos masculinos.

Rpta. A

Pregunta 2

Una característica que diferencia a las briofitas de las otras divisiones o *fila* del reino plantae.

A) La presencia de alternancia de generaciones.
B) Una generación gametofítica dominante.
C) Su carácter homospórico.
D) La presencia de espermatozoides biflagelados.
E) El desarrollo de un prótalo a partir de sus esporas.

Resolución

Las briofitas son plantas que se caracterizan por tener una generación gametofítica dominante. El gametofito haploide, más complejo que el esporofito, presenta un rizoide, cauloide y filoide; alcanzando una altura de un centímetro o menos.

Rpta. B

Pregunta 3

¿Qué característica no corresponde a los helechos?

A) Plantas con semillas descubiertas.
B) Presentan esporangios agrupados en soros.
C) Esporofito con tejido vascular.
D) Propagación por rizomas.
E) Con espermatozoides multiflagelados.

Resolución

Los helechos son plantas que no presentan semillas descubiertas, esta característica es propia de las gimnospermas. Los helechos se reproducen por esporas, las cuales son producidas en los esporangios que se encuentran en las frondas de estas plantas.

Rpta. A

Cumbreras Editores

Pregunta 4

La presencia de un gametofito tipo lámina en forma de corazón denominado prótalo se observa en la división

A) *Bryophyta.*
B) *Lycophyta.*
C) *Sphenophyta.*
D) *Pterophyta.*
E) *Coniferophyta.*

Resolución

En la división *Pterophyta* se observa la presencia de un gametofito tipo lámina en forma de corazón denominado prótalo. Este gametofito es fotosintético y bisexual con un grosor de una capa unicelular y menos de medio centímetro de anchura.

Pregunta 5

La estructura encargada de producir espermatozoides móviles multiflagelados en el gametofito de las pteridofitas se denomina

A) soro.
B) indusio.
C) esporangio.
D) anteridio.
E) protonema.

Resolución

El gametofito de los helechos presenta anteridios encargados de producir espermatozoides móviles multiflagelados y arquegonios donde se forma el óvulo. Después de la fecundación el embrión crece en el interior del arquegonio.

Pregunta 6

Las coníferas se reproducen por ....., las cuales se desarrollan en ejes cortos del tallo con esporofilas dispuestas en espiral denominadas .....

A) esporas - esporangio.
B) esporas - soros.
C) semillas - conos.
D) semillas - frutos.
E) semillas - espiga.

Resolución

Las coníferas son plantas terrestres que se reproducen por semillas desnudas, las cuales se desarrollan en ejes cortos del tallo con esporofilas dispuestas en espiral denominadas conos. Los conos pueden ser masculinos, conteniendo granos de polen, o femeninos, con óvulos descubiertos.

Pregunta 7

Plantas que no requieren de agua para su fecundación.

A) musgos
B) hepáticas
C) helechos
D) equisetum
E) gimnospermas

Resolución

Las plantas que no requieren de agua para su fecundación son aquellas que pertenecen a las gimnospermas y angiospermas. Estas plantas presentan granos de polen que germinan en el estigma formando el tubo polínico; es a través del tubo polínico por donde las células espermáticas llegan a la ovocélula.

Lumbreras Editores

Pregunta 8

Las plantas en donde sus gametofitos obtienen sus nutrientes de los esporofitos maduros, pertenecen a las divisiones

A) *Bryophyta* y *Pterophyta*.
B) *Bryophyta* y *Sphenophyta*.
C) *Pterophyta* y *Lycophyta*.
D) *Pterophyta* y *Coniferophyta*.
E) *Coniferophyta* y *Angiospermophyta*.

Resolución

Las divisiones *Coniferophyta* y *Angiospermophyta* son las plantas en donde sus gametofitos haploides, ubicados en los conos femeninos y las flores, respectivamente, obtienen sus nutrientes de los esporofitos diploides maduros.

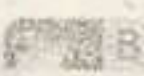
Pregunta 9

Una característica de las monocotiledóneas que lo diferencia de las dicotiledóneas es

A) la ramificación de las venas principales de las hojas.
B) el tipo de raíz fibroso y adventicio.
C) el tallos con haces vasculares concéntricos.
D) la presencia de cámbium vascular.
E) que las partes florales son pentámeras.

Resolución

La raíz fibrosa y adventicia son características de las monocotiledóneas que lo diferencian de las dicotiledóneas. Ese tipo de raíz se observa en el maíz, cebolla, palmeras, entre otras. En las dicotiledóneas la raíz es de tipo pivotante.



Pregunta 10

Indique la relación correcta.

A) *Bryophytas* - colas de caballo
B) *Sphenophyta* - hepáticas
C) *Pterophyta* - musgo
D) *Coniferophyta* - secoya
E) *Angiospermophyta* - helecho

Resolución

La división *Coniferophyta* está integrada por especies como el pino, abeto y ciprés, además de la secoya que llega a tener un tallo de más de 100 metros de alto. La relación correcta es *Coniferophyta* - secoya.

Pregunta 11

En los musgos la generación gametofítica se caracteriza por presentar ....., mientras la generación esporofítica presenta ..... .

A) filoides y cauloides - rizoides
B) anteridio y arquegonio - cápsula
C) esporas y protonemas - cigoto
D) cápsula y esporas - protonema
E) fronda y soros - prótalo

Resolución

En los musgos la generación gametofítica es dominante y presenta en sus filoides estructuras reproductivas como el anteridio, encargado de formar espermatozoides y el arquegonio, encargado de formar el óvulo. En la generación esporofítica, la cápsula contiene a las esporas que serán liberadas para su dispersión.

Lumbreras Editores

Pregunta 12

El protonema, presente en el ciclo reproductivo de los musgos, es

A) un producto de la germinación de las esporas.
B) el filamento que sostiene la cápsula.
C) el conjunto de hifas que fijan al musgo.
D) el órgano reproductivo masculino.
E) una lámina que contiene anteridios y arquegonios.

Resolución

En los musgos, el resultado de la germinación de las esporas es el protonema, que constituye una etapa del crecimiento de la generación gametofítica y, como señala su denominación, son estructuras filamentosas que forman yemas que se convierten en gametofitos.

Rpta. A

Pregunta 13

En las hepáticas la reproducción asexual se da por fragmentación o por la producción de

A) estolones.
B) bulbos.
C) conos.
D) gémulas.
E) tubérculos.

Resolución

En las hepáticas y musgos se presentan propágulos de reproducción asexual, pequeños y pluricelulares, llamados gémulas que crecen hasta convertirse en un nuevo gametofito al desprenderse del vegetal progenitor.

Rpta. D

Pregunta 14

Durante la alternancia de generaciones del ciclo de vida de los helechos, el arquegonio y el anteridio se desarrollan en

A) la cápsula.
B) el esporofito.
C) el prótalo.
D) el soro.
E) la fronda.

Resolución

El arquegonio, encargado de formar al óvulo, y el anteridio, productor de espermatozoides, se encuentran desarrollados en el prótalo de los helechos. El prótalo corresponde a la generación gametofítica y resulta ser una lámina pequeña en forma de corazón.

Rpta. C

Pregunta 15

Plantas vasculares sin semilla con un esporofito que posee tallos huecos y articulados, y con micrófilos verticilados.

A) licopodios
B) psilotófitos
C) antoceros
D) hepáticas
E) equisetos

Resolución

Los equisetos son plantas vasculares que se reproducen por esporas y presentan tallos huecos y articulados. Los tallos son fotosintéticos, y sus hojas son pequeñas y verticiladas. Su generación gametofítica es independiente y fotosintética.

Rpta. E

Lumbreras Editores

Pregunta 16

En muchos de los helechos, el indusio es una excrecencia delgada de la hoja que cubre

A) las pinnas.
B) los soros.
C) los arquegonios.
D) los espermatozoides.
E) las cápsulas.

Resolución

Los soros, conjunto de esporangios, pueden estar cubiertos por el indusio (del término latino para "túnica"). Este tiene la forma de paraguas y los soros que las presentan se les denomina soros cubiertos.

Clave B

Pregunta 17

Una característica que diferencia a los helechos de los musgos es la presencia en los primeros de

A) alternancia de generaciones.
B) gametofitos dominantes.
C) esporofitos dependientes.
D) tejidos vasculares.
E) talo laminar.

Resolución

Los helechos, pertenecientes a las plantas vasculares sin semillas, presentan en su fase esporofítica tejido vascular que los diferencia de los musgos. La presencia de xilema y floema ha permitido a los helechos alcanzar gran tamaño, como ocurre con los helechos arbóreos.

Clave D

Pregunta 18

¿Qué característica no corresponde a las coníferas?

A) Presentan conos y polinización mediante el viento.
B) Hojas aciculares o con forma de escamas.
C) Xilema con traqueidas y células parenquimatosas.
D) Todas las coníferas son árboles o arbustos.
E) Óvulos formados dentro del ovario.

Resolución

A las coníferas, integrante de las gimnospermas, no les corresponde tener como característica la presencia de óvulos dentro de un ovario. Los óvulos se encuentran al descubierto, por lo tanto, las semillas están al descubierto, por carecer de fruto.

Clave E

Pregunta 19

Respecto al ciclo de vida de los pinos es correcto afirmar

I. La generación esporofítica es independiente y fotosintética.
II. Los embriones presentan un cotiledón.
III. La singamia es entre núcleo espermático y ovocélula.

A) Solo I
B) Solo III
C) I y II
D) II y III
E) I y III

Lumbreras Editores

Resolución

En el ciclo de vida del pino, la alternancia de generaciones consta de una generación esporofítica independiente y fotosintética, y otra gametofítica reducida a granos de polen y óvulos. La singamia ocurre entre el núcleo espermático, proveniente del polen, y la ovocélula, presente en el óvulo.

Clave E

Pregunta 20

Respecto a las plantas agrupadas como gimnospermas, indique si los siguientes enunciados son verdaderos (V) o falsos (F) y marque la secuencia correcta.

A las cícadas, se les suele confundir con las palmeras de las monocotiledóneas. ( )

Ginkgo es un fósil viviente con hojas en forma de abanico. ( )

Las coníferas presentan tallos verdes y hojas reducidas con formas de escamas. ( )

Las *Gnetophyta* son las gimnospermas que contienen traqueidas y vasos del xilema. ( )

A) FFVV
B) FFFV
C) VFFV
D) VVFV
E) VFVF

Resolución

Las gimnospermas agrupan plantas como las cícadas, que tienen la apariencia de las palmeras; las *Ginkgo*, con hojas en forma de abanico; las coníferas con hojas aciculares y tallo leñoso; y es correcto afirmar que las *Gnetophyta* presentan en su xilema traqueidas y vasos.

Clave D

Pregunta 21

Las orquidáceas, poaceas e iridáceas son grupos de plantas que presentan en común

A) flores pentámeras.
B) tallo secundario.
C) raíz fibrosa.
D) embrión con dos cotiledones.
E) hojas paralelinervias.

Resolución

Las familias orquidáceas, poaceas e iridáceas pertenecen al grupo de las monocotiledóneas, este grupo se caracteriza por presentar un sistema radicular fibroso y adventicio. Las monocotiledóneas además presentan flores trímeras, hojas con venas paralelas y tallo primario.

Clave C

Pregunta 22

Indique la relación correcta entre filo - característica.

A) angiosperma - óvulos se forman dentro del ovario
B) ginkgofitos - hojas tipo escamas y el tallo verde
C) coniferofitos - sus flores presentan pistilos
D) pteridofitos - plantas con semillas desnudas
E) briofitos - plantas con doble fecundación

Resolución

Las angiospermas, plantas con flores, presentan sus óvulos dentro del ovario. El óvulo fecundado genera la semilla y el ovario el fruto. Este grupo de plantas también presenta una doble fecundación y son el grupo dominante en la actualidad.

Clave A

Lumbreras Editores

Pregunta 23

Las dicotiledóneas se caracterizan por desarrollar un tallo secundario, raíz pivotante y piezas florales múltiplos de cinco, como ocurre con las

A) gramíneas.
B) leguminosas.
C) orquídeas.
D) palmeras.
E) liliáceas.

Resolución

Una familia representativa de las dicotiledóneas son las leguminosas; en esta familia se tienen especies con crecimiento secundario, raíz pivotante y flores pentámeras, como ocurre con el frejol, pacae y pallar, integrantes de esta familia.

Pregunta 24

Son ejemplos de gramíneas, leguminosas y solanáceas de importancia alimenticia para el hombre, respectivamente,

A) papa, tomate y rocoto.
B) arroz, pallar y papa.
C) trigo, frijol y camote.
D) cebada, maíz y oca.
E) maca, alverja y quinua.

Resolución

Las angiospermas están integradas por familias de importancia alimenticia para el hombre, como son las gramíneas, en las cuales se encuentra el trigo, maíz, cebada y arroz; las leguminosas que incluyen al frijol, pallar y alverja; y las solanáceas, como la papa y el tomate.

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Ordene en forma correcta la secuencia del ciclo biológico de los musgos.

   I. Generación esporofítica madura con seta y caliptra.
   II. Generación gametofítica en desarrollo.
   III. Germinación de las esporas y producción del protonema.
   IV. Gametofitos con anteridios y arquegonios, presencia de gametos.
   V. Producción del cigoto por singamia.

   A) II, I, V, IV, III B) V, II, III, I, IV
   C) IV, III, I, II, V
   D) III, II, IV, V, I E) I, III, II, IV, V

2. Plantas donde la generación independiente es la gametofítica, de larga vida y carecen de vasos conductores.

   A) musgos B) helechos C) pinos
   D) cícadas E) palmeras

3. Indique la relación correcta entre organismo y grupo al cual pertenece.

   A) orquídea - *Pterophyta*
   B) secoyas - *Angiospermophyta*
   C) hepáticas - *Bryophyta*
   D) helechos - *Coniferophyta*
   E) colas de caballo - *Cycadophyta*

4. Durante la reproducción de los helechos el cigoto, producto de la fecundación, se forma en el

   A) soro.
   B) esporangio.
   C) arquegonio.
   D) anteridio.
   E) protonema.

5. La producción de ..... por meiosis es la responsable de la variabilidad genética dentro de los helechos.

   A) esporas
   B) semillas
   C) óvulos
   D) espermatozoides
   E) gametofitos

6. En las gimnospermas la forma de reproducción y dispersión más importante es ....., que contiene protegido a un pequeño esporofito.

   A) la espora B) la semilla C) el rizoma
   D) el polen E) el fruto

7. Sobre las angiospermas, marque verdadero (V) o falso (F) según corresponda.

   I. Sus semillas desnudas se desarrollan en conos o estróbilos.
   II. La clase monocotiledónea presenta haces vasculares esparcidos.
   III. En las dicotiledóneas el cámbium vascular añade una capa de madera cada año.
   IV. Su microgametofito es llamado polen.

   A) VVFF B) VFVF C) FVFV
   D) FVVF E) FVVV

8. Las hojas aciculares o en forma de escamas con textura áspera se observan en

   A) las coníferas.
   B) las angiospermas.
   C) las briofitas.
   D) las criptógamas.
   E) los pterofitos.

Lumbreras Editores

9. Relacione los tipos de plantas con su correspondiente característica.

I. Gimnospermas
II. Angiospermas
III. Briofitas
IV. Pteridofitas
V. Espermatofitas

a. plantas vasculares sin semillas
b. presentan gametofito dominante
c. reproducción por semillas
d. contienen óvulos dentro del ovario
e. semillas descubiertas en conos

A) Ia, IIb, IIIc, IVd, Ve
B) Ib, IIc, IIIa, IVe, Vd
C) Ie, IId, IIIb, IVa, Vc
D) Ie, IIb, IIIc, IVd, Va
E) Ie, IIa, IIIc, IVb, Vd

10. Indique de las siguientes listas de plantas cuáles son representantes de las monocotiledóneas.

A) Papa, tomate, frijol, manzano y pacae
B) Pino, cícadas, árbol de culantrillo, secoya y ciprés
C) Cola de caballo, helecho, culantrillo, cuerno de alce y selaginella
D) Cedro, caoba, sauce, eucalipto y molle
E) Palmera, plátano, lirio, maíz y trigo

11. El desarrollo de anteridios y arquegonios en los musgos, ocurre a nivel

A) del estróbilo.
B) de la cápsula.
C) del soro.
D) del gametofito.
E) de la espora.

12. Son plantas avasculares con una generación gametofítica dominante y talosa.

A) líquenes B) hepáticas
C) equisetos
D) licofitos E) ginkgofitos

13. Los gametofitos masculinos de los musgos participan en su ciclo de vida produciendo

A) esporas
B) cigotos
C) protonemas
D) ovocélulas
E) anterozoides

14. La planta denominada "cola de caballo" que pertenece al filo *Sphenophyta*, se caracteriza por presentar

A) gametofito dominante.
B) hojas aciculares y estróbilos.
C) tallos articulados con micrófilos.
D) embriones con un cotiledón.
E) semillas descubiertas en conos.

15. La fronda circinada, rizoma y raíces adventicias, se observan en los ..... durante la generación .....

A) musgos - esporofítica haploide.
B) helechos - esporofítica diploide.
C) helechos - gametofítica haploide.
D) gimnospermas - gametofítica diploide.
E) gimnospermas - gametofítica haploide.

16. Con relación al prótalo podemos afirmar que

A) representa la generación esporofita.
B) se compone de raíz, rizoma y fronda.
C) contiene células haploides.
D) su talo contiene soros en el envés.
E) es dependiente del esporofito.

Lumbreras Editores

17. Es una característica que no le corresponde a las coníferas.

A) Granos de polen con sacos aéreos
B) Embrión con varios cotiledones
C) Tejido xilemático con traqueidas
D) Conos ovulíferos y polínicos
E) Flores pentámeras o trímeras

18. Mientras las angiospermas presentan semillas contenidas en el interior del ovario maduro, las gimnospermas, como el pino, lo presentan

A) agrupadas en el envés de las frondas.
B) expuestas en la superficie de piñas ovulíferas.
C) en el interior de cápsulas sobre un pie.
D) protegidas por un fruto indehiscente.
E) contenidas en conos masculinos.

19. La flor de Amancaes pertenece al grupo de las monocotiledóneas, ya que en ella es evidente la presencia de

A) raíz pivotante.
B) hojas con nervaduras ramificadas.
C) haces vasculares concéntricos.
D) piezas florales múltiplo de tres.
E) semillas con dos cotiledones.

20. Marque la alternativa que corresponda, secuencialmente, a la sucesión de plantas briofitas, pteridofitas, gimnospermas y angiospermas.

A) Musgos, hepáticas, equisetos y helechos
B) Hepáticas, helechos, pinos y rosas
C) Musgos, cícadas, magnolias y claveles
D) Hepáticas, *Ginkgos*, pinos y jazmines
E) Musgos, cola de caballo, helechos y margaritas

21. Indique la relación correcta entre grupo vegetal y especie representativa.

I. *Hepatophyta*	a. Helecho
II. *Sphenophyta*	b. Pino
III. *Pteridophyta*	c. Cola de Caballo
IV. *Coniferophyta*	d. *Marchantia*

A) Ia, IIc, IIIb, IVd
B) Id, IIc, IIIa, IVb
C) Ic, IIa, IIIb, IVd
D) Id, IIa, IIIc, IVb
E) Ib, IIc, IIIa, IVd

22. En las plantas ..... la semilla se ubica en ..... .

A) *Angiospermophyta* - el cono
B) *Pteridophyta* - el soro
C) *Coniferophyta* - el esporangio
D) *Cycadophyta* - la hoja carpelar
E) *Ginkgophyta* - el fruto

23. Acerca de la alternancia de generaciones en plantas, marque verdadero (V) o falso (F) según corresponda.

I. La generación gametofítica es dominante en angiospermas.
II. El gametofito en helechos se denomina prótalo.
III. Las esporas liberadas por los musgos son genéticamente idénticas.
IV. El gametofito de las hepáticas presenta células haploides.

A) FVFV B) VFVF C) FFVV
D) VFFF E) VFVV

24. Es una angiosperma con presencia de dos cotiledones en sus semillas.

A) trigo B) carrizo C) tuna
D) sábila E) maíz

Lumbreras Editores

GELMER FÉLIX QUIVIO GÓMEZ

CAPÍTULO X

HISTOLOGÍA VEGETAL

Objetivos

- Distinguir los tejidos vegetales primarios y secundarios en las plantas vasculares.
- Comprender la estructura, función y ubicación de los tejidos en las plantas.

Introducción

Las plantas, como todo organismo pluricelular, comienzan siendo una sola célula. La división celular, mediante mitosis, genera nuevas células para el crecimiento del vegetal, esto se refleja en altura y grosor de la planta que puede ser continua por al menos 2200 años, como ocurre con la Secuoya costera.

La mayor parte de las plantas que la gente conoce son vasculares, que se caracterizan por presentar células especializadas para el transporte de agua y nutrientes en su interior. Dichas células constituyen un ejemplo de los diferentes grados de diferenciación que se pueden encontrar en todas las plantas vasculares multicelulares.

Se ha desarrollado un sistema de clasificación simple para manejar la diversidad de tipos celulares presentes en los organismos multicelulares, como las plantas. En primer término, se denomina tejido a un conjunto de células similares que conforman unidades funcionales o estructurales. Los tejidos de las plantas vasculares están organizados formando sistemas de tejidos dérmico, vascular y fundamental.

El sistema de tejido dérmico es la cubierta externa de la planta; su función es la protección de la planta y la regulación de la entrada y salida de sustancias de ella. El sistema de tejido vascular interviene en el movimiento del material a través de la planta. El tejido fundamental, que suele intervenir en el almacenamiento de alimentos y en ocasiones en la fotosíntesis, ocupa el interior de la planta, por debajo de la epidermis que no comprende el tejido vascular.

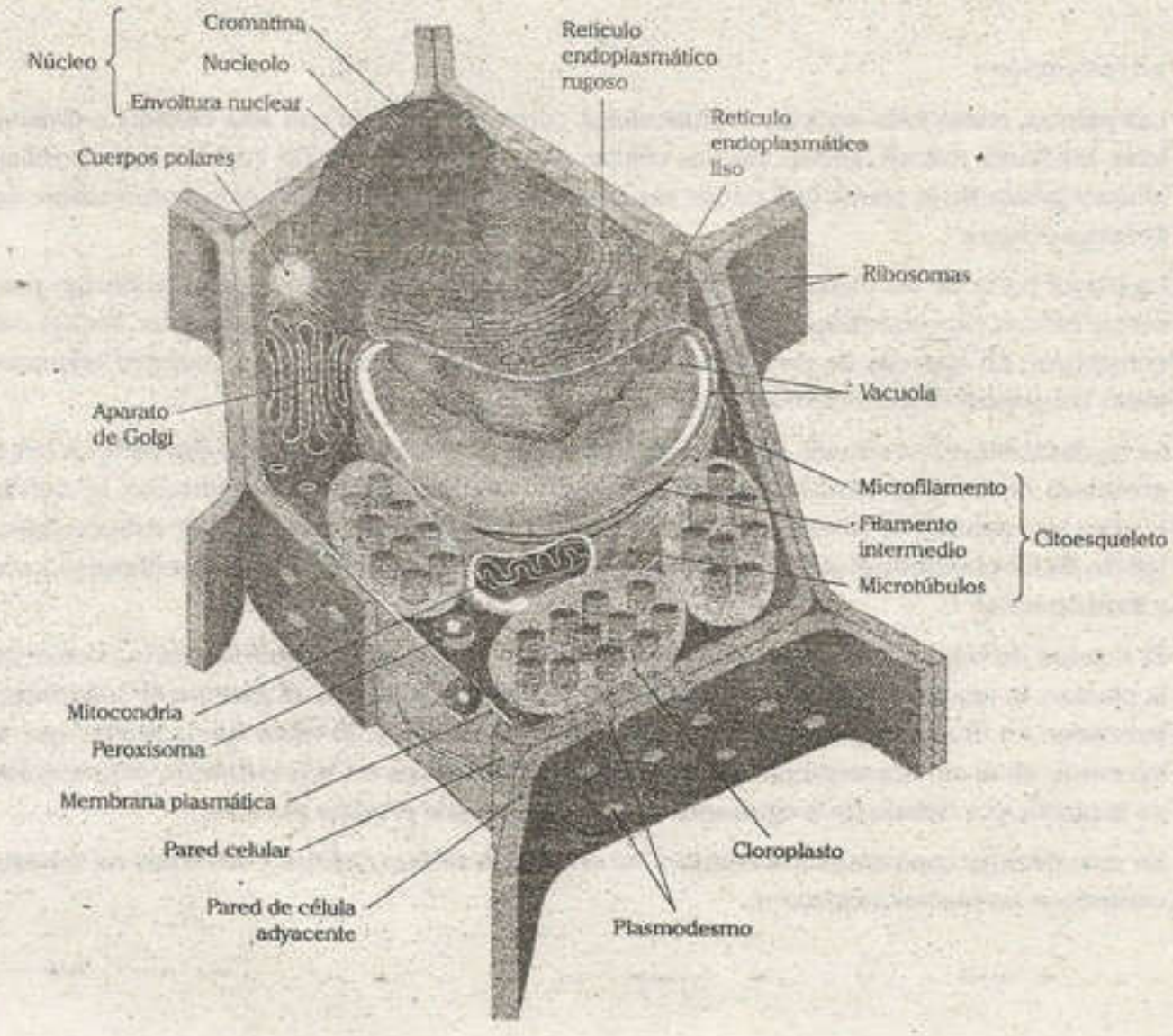
En este décimo capítulo examinaremos las diferentes células, tejidos y sistemas de tejidos que componen las plantas vasculares.

1 ▸ Características de la célula vegetal

Las células vegetales derivan de sucesivas divisiones mitóticas que tienen lugar dentro de las células meristemáticas, estas son células no especializadas que pueden dividirse indefinidamente para producir otras nuevas. Las nuevas células vegetales mantienen su estructura básica: envoltura, membrana plasmática, citoplasma y núcleo. La pared celular, constituida principalmente de celulosa, la membrana plasmática, de lipoproteínas, el citoplasma, con diversos organelos como los cloroplastos, vacuolas, mitocondrias, y el núcleo, que contiene al ADN, se van diferenciando generando células especializadas. Pero una célula hija se mantiene como inicial en el mismo lugar dentro del meristemo, de esta manera, un vegetal conserva siempre un suministro de células iniciales meristemáticas no especializadas para generar el nuevo crecimiento.

Las células especializadas que tienen estructuras y funciones específicas son conocidas como células diferenciadas. Las células vegetales poseen varios grados de diferenciación, es decir, algunas están más especializadas que otras.

Célula vegetal con su estructura básica



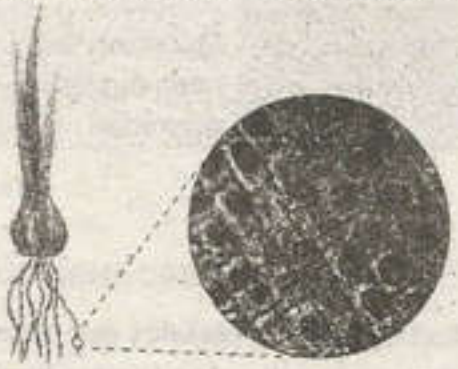
2. TEJIDOS MERISTEMÁTICOS

El tejido meristemático presenta células en donde se tiene lugar mitosis sucesivas para el crecimiento de la planta. Las regiones de estas células meristemáticas que originan el nuevo crecimiento se denominan meristemos (del término griego *meristos*, que significa 'dividido') y están presentes en todo tipo de vegetales, desde musgos a árboles gigantes.

El crecimiento indeterminado de las plantas es posible gracias a los tejidos conocidos como meristemas, formados por células llamadas embrionarias con las siguientes características:

- Son poco especializadas y pequeñas.
- Son isodiamétricas con pared celular primaria delgada.
- Presentan gran capacidad de división por mitosis y posteriormente se diferencian para originar el espectro entero de tipos celulares de una planta adulta, es decir, son totipotentes.
- El núcleo, con mucha cromatina condensada, es grande y se sitúa en posición central.

CÉLULAS MERISTEMÁTICAS DE LA RAÍZ DE LA CEBOLLA



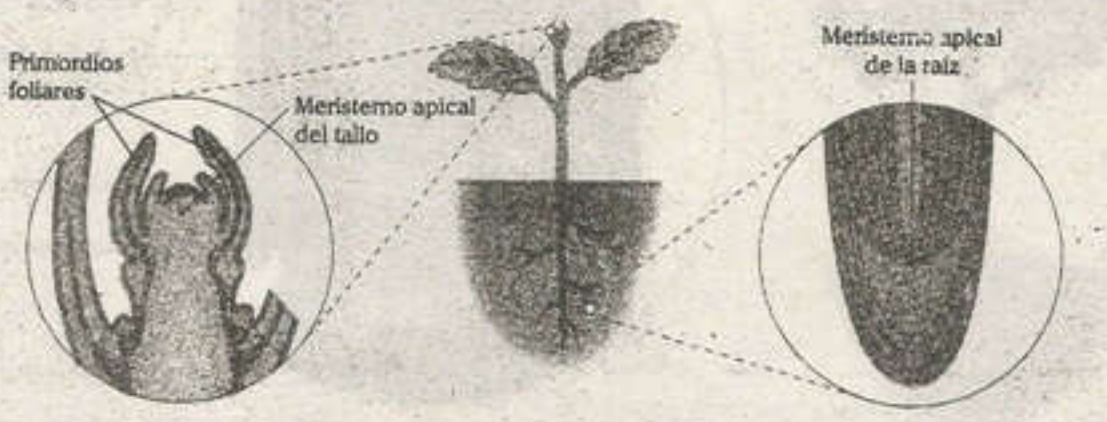
El tejido meristemático puede ser de dos tipos:

2.1. MERISTEMOS APICALES O PRIMARIOS

Son los que crecen en la punta de raíces, tallos y ramas. Se encargan del crecimiento en longitud de la planta, este crecimiento es denominado primario. Si se sitúan en el ápice del tallo, estarán protegidos por los primordios foliares y serán denominados meristemos apicales caulinares, y si en cambio están en el ápice de la raíz principal y de las raíces secundarias, la protección está a cargo de la cofia o caliptra y serán denominados meristemos apicales radicales. El cuerpo del vegetal producido por los meristemos apicales del vástago y de la raíz se denomina cuerpo vegetal primario.

En muchas plantas vasculares sin semillas, como los equisetos y algunos helechos, el meristemo apical consiste en una célula inicial que tiene forma de pirámide invertida y se divide repetidamente a lo largo de sus tres caras para producir tejido.

MERISTEMOS PRIMARIOS DE UNA PLANTA VASCULAR



A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Los meristemos apicales de la raíz y del vástago dan lugar a los meristemos primarios conocidos como protodermis, procámbium y meristemo fundamental. La protodermis produce el sistema de tejido dérmico primario o epidermis. El procámbium produce el sistema de tejido vascular primario, que consiste en el xilema y floema. El meristemo fundamental produce el sistema de tejido fundamental, que corresponde a las partes del vegetal que no presentan ni tejido conductor ni tejido dérmico.

twitter.com/calapenshko

	MERISTEMO APICAL		
Meristemos primarios	Protodermis	Meristemo fundamental	Procámbium
Tejidos primarios	Epidermis (sistema de tejidos dérmicos)	Tejidos de crecimiento: parénquima, colénquima y esclerénquima (sistema de tejidos de crecimiento)	Xilema y floema primarios (sistema de tejidos vasculares)

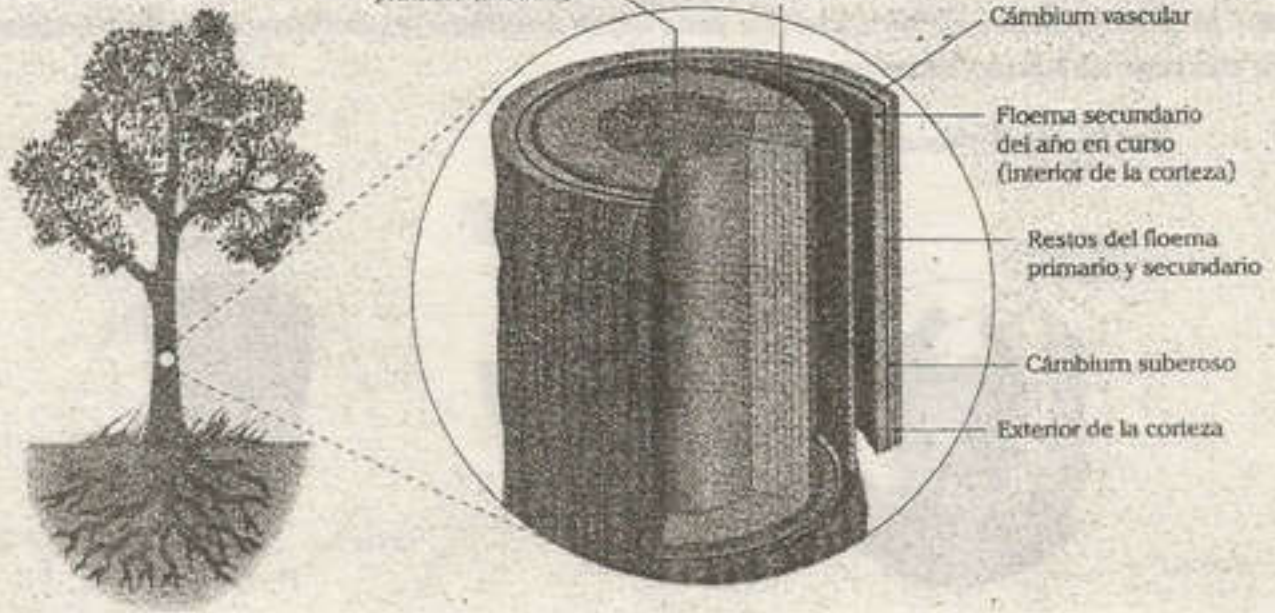
Tejidos que derivan del meristemo apical

2.2. MERISTEMOS SECUNDARIOS O LATERALES

Muchos de los vegetales que viven más de un periodo vegetativo son plantas leñosas, como los árboles y los arbustos. Lo que hace que estos vegetales sean leñosos es el desarrollo de los meristemos laterales, también conocidos como meristemos secundarios, que son los responsables del ensanchamiento del tallo y de la raíz.

Están ubicados a lo largo del tallo o la raíz. La división de las células de los meristemos laterales ocasiona un incremento en el diámetro de los tallos y raíces cuando las células producidas se alargan. Existen dos tipos de meristemos laterales: el cámbium vascular y el cámbium suberoso.

UBICACIÓN DEL CÁMBIUM VASCULAR Y SUBEROSO EN UN TALLO SECUNDARIO

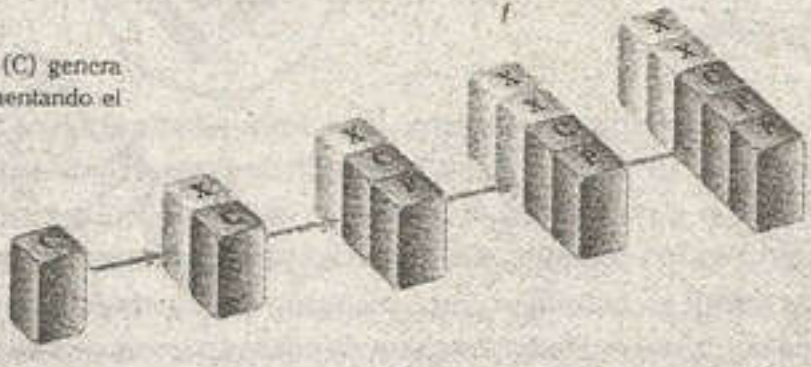


El cámbium vascular es una monocapa cilíndrica de células que se forma entre el xilema y el floema primarios y las células pueden dividirse en sentido paralelo a la superficie (periclinalmente) o bien en forma paralela al radio (radialmente). Si la división es periclinal, una de las células resultantes se diferencia, ya sea en una célula del xilema o floema secundario, mientras que la otra mantiene las propiedades del cámbium. La periodicidad en la división celular y la diferenciación del cámbium y sus derivados da como resultado la formación de los anillos de crecimiento. Estos anillos, que suelen distinguirse fácilmente en las plantas leñosas, son el resultado del reinicio del crecimiento del cámbium después de un periodo de inactividad.

CÁMBIUM VASCULAR Y SUS FORMAS DE DIVISIÓN

Tipos de división celular
Una célula inicial (C) puede dividirse radialmente para formar dos células iniciales (C) o periclinalmente para formar una célula inicial y a una célula del xilema (X) o floema (P).

Crecimiento secundario por división
División periclinal de una célula inicial (C) genera xilema (X) y floema (P) secundario aumentando el grosor de la planta.



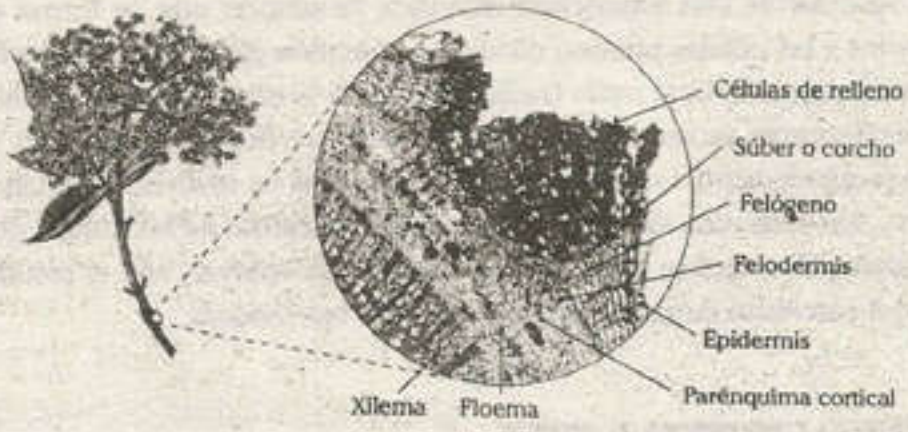
2.2.2. Cámbium suberoso o felógeno

A menudo el felógeno se forma a partir de una capa de la corteza y origina nuevas capas protectoras en la planta. Las células del cámbium se dividen tangencialmente, produciendo una capa de células de corcho hacia el exterior. En la parte interna se produce una capa de células denominada felodermo, que consiste en células similares a las parenquimatosas. Se denomina colectivamente peridermis al cámbium del súber o corcho y al felodermo.

La corteza se puede dividir en dos capas:

- La capa externa, que generalmente incluye el peridermo y los tejidos que este aísla, se conoce bajo el nombre de ritidoma (del griego *rhytidoma* que significa 'arruga').
- La capa interna consiste en floema secundario, el cual puede contener fibras abundantes.

El felógeno y la lenticela en un tallo secundario



Todas las plantas tienen meristemo apical o primario; sin embargo, no todas presentan un meristemo secundario o lateral. Se dice que las plantas que solo tienen meristemos primarios presentan únicamente un crecimiento primario, mientras que aquellas que sí poseen meristemos secundarios también tienen crecimiento secundario. El crecimiento secundario es evidente en plantas leñosas longevas; este es el caso de los arbustos y árboles.

Meristemos intercalares

Se encuentran detrás del ápice, se presentan en hojas, flores y vástagos; entre tejidos no meristemáticos localizados en la base de los entrenudos, colaboran con el crecimiento de estos órganos vegetales.

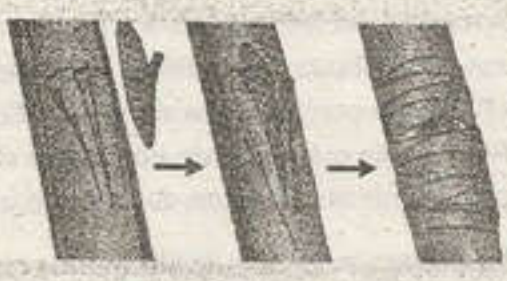
Lenticelas

Una vez formado un peridermo bien desarrollado, el tallo o la raíz quedan sellados prácticamente, por lo que se reduce mucho la difusión de gases. En estas condiciones se observa la formación de aberturas especiales en el peridermo que permiten que se realice el intercambio gaseoso. Estas aberturas son denominadas lenticelas y se pueden encontrar en tallos y raíces.

Las lenticelas se forman como resultado de la actividad local del cámbium del corcho. Esta actividad da como resultado una masa de células parenquimatosas y se observa como prominencias en la corteza de muchos árboles como el manzano y los perales.

Aplicación de las actividades del cámbium

El cámbium es capaz de formar tejido cicatricial en las heridas de los tallos. Su división forma una masa parenquimática llamada "callo", que se suberifica o desarrolla en una peridermis en la superficie.



La habilidad del cámbium de sellar heridas se usa ampliamente en las técnicas de injertos. Las dos partes a injertar son "heridas", se abre el eje madre o pie o portainjerto hasta el cámbium y se prepara el "injerto", que puede ser una yema o una rama joven. Se las une de manera que el cámbium de la planta madre quede totalmente en contacto con el cámbium del injerto. Cuando las células de ambos cámbium comienzan a dividirse forman un callo y se establece así la continuidad entre ambas partes.

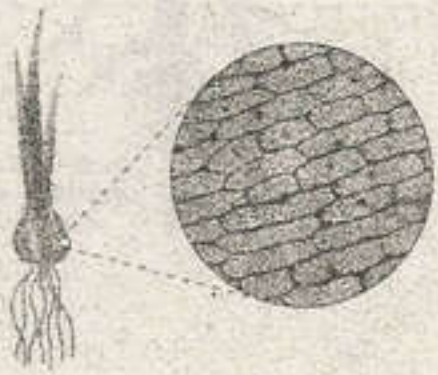
Librerías Editores

3. Tejido de protección

3.1. Epidermis

La capa más externa de células que recubre todos los órganos del cuerpo primario de la planta (tallos, raíces, hojas, flores, frutos y semillas) se denomina epidermis. Debido a que está en contacto directo con el ambiente, este tejido está sujeto a modificaciones determinadas por los factores ambientales y frecuentemente incluye diferentes tipos de células, por lo tanto, es un tejido complejo. Los órganos con escaso o sin crecimiento secundario conservan la epidermis mientras viven; mientras que en tallos y raíces con crecimiento secundario este tejido tiene una longevidad variable y es sustituido por otro tejido protector, la peridermis (peridermo).

Células epidérmicas del catafilo de la cebolla

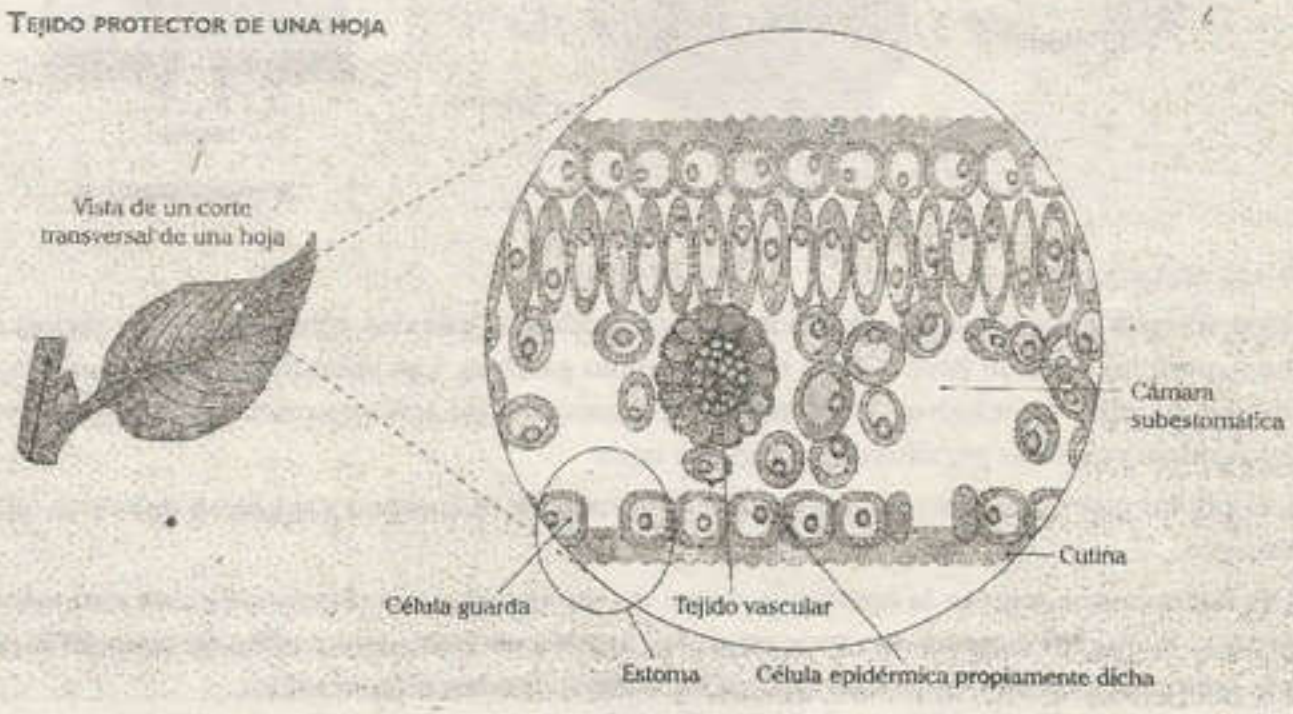


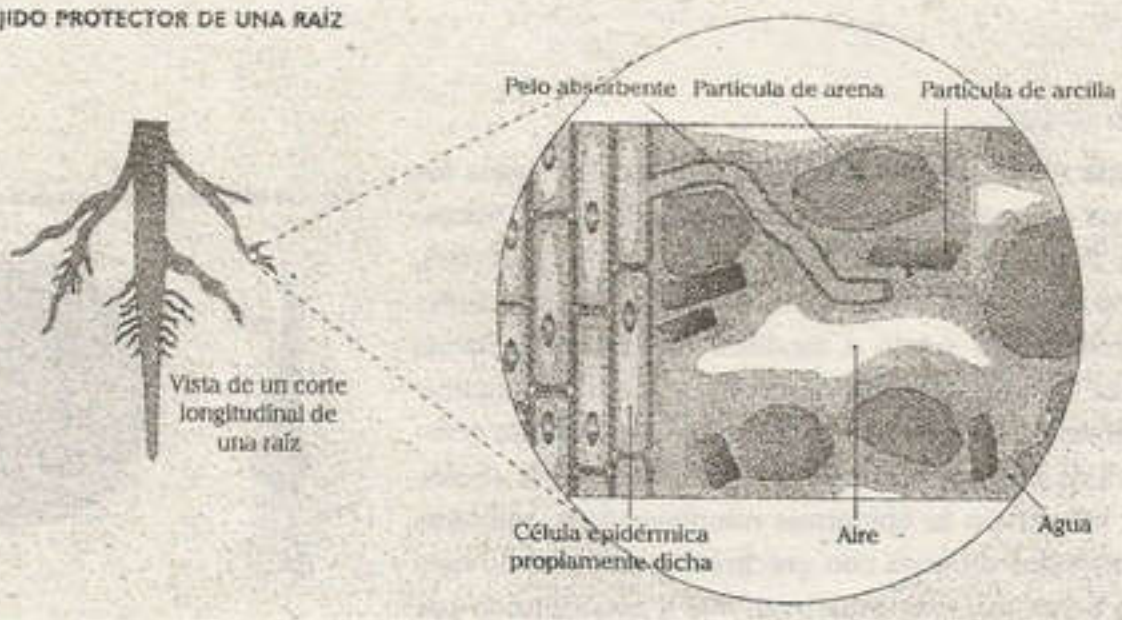
Además de las células epidérmicas comunes, la epidermis contiene células guardianas, células pilosas de varios tipos (tricomas) y otras células especializadas, como algunas que contienen cristales y secretoras.

3.1.1. Células epidérmicas comunes o propiamente dichas

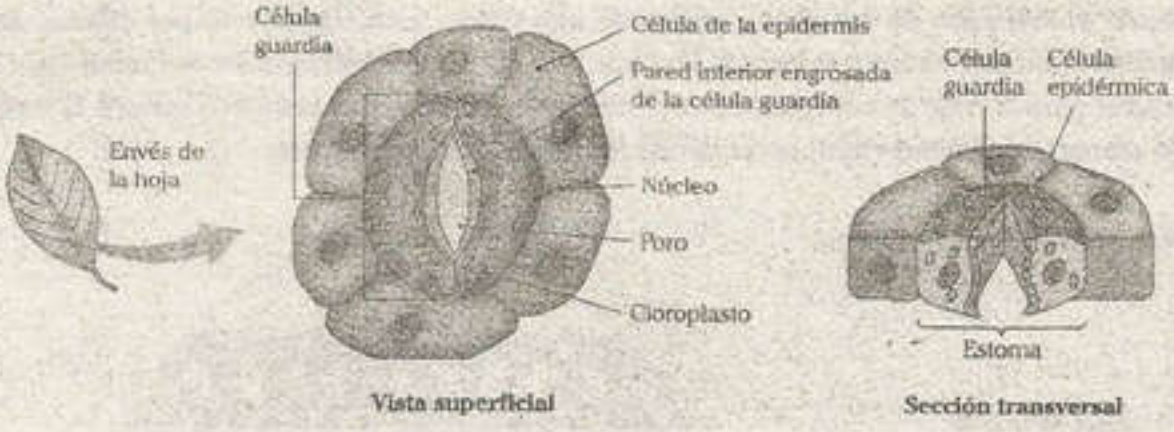
El tejido epidérmico de las partes aéreas de una planta está compuesto por células de paredes delgadas apiñadas juntas y cubiertas con una capa de secreción lipídica: la cutina, que se agrega en capas para formar la cutícula impermeable al agua; esta característica reduce la transpiración de la planta, previniendo la desecación de los tejidos internos de esta.

Tejido protector de una hoja





Las células epidérmicas de las raíces (rizodermis o epiblema) no están cubiertas por cutícula alguna; obviamente, las raíces absorben agua y minerales por la epidermis y una cutícula impermeable impediría la absorción. Además de las células epidérmicas típicas, se encuentran los pelos radicales, que son extensiones tubulares de las células epidérmicas, los cuales aumentan la superficie de absorción de iones y agua.



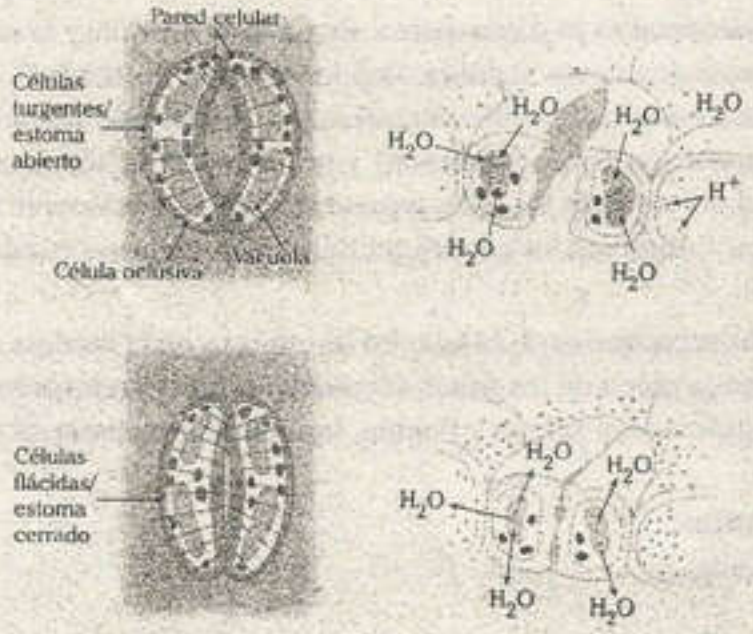
3.1.2. Estomas

La epidermis contiene aberturas microscópicas rodeadas por dos células guardias; dichas aberturas permiten que se lleve a cabo el intercambio gaseoso. Las aberturas o poros, junto con las células guardias (u oclusivas), se denominan estomas, estas son sumamente importantes para la fotosíntesis y además permiten la pérdida de agua.

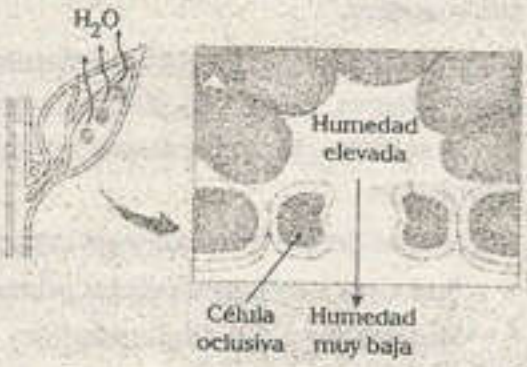
Las células guardia de los estomas regulan el tamaño de la abertura y ayudan a reducir la pérdida de agua.

Los factores que regulan la apertura y cierre de los estomas son diversos. El más importante es la luz, a la que los estomas son muy sensibles, también influye el contenido de agua en la planta y la concentración de CO_2. Por las noches los estomas suelen estar cerrados.

MECANISMO DE APERTURA DEL ESTOMA



La orientación de las microfibrillas de celulosa ocasiona que las células oclusivas se alarguen en lugar de ensancharse a medida que absorben agua. De esta manera se tuercen, abriendo el poro del estoma hacia el interior de la hoja. Los iones de potasio (K^+) se mueven hacia el interior de las células oclusivas para promover la absorción de agua y la apertura del poro del estoma.



3.2. PERIDERMIS O PERIDERMO

En las plantas que viven más de un periodo vegetativo, la epidermis del tallo y de la raíz se sustituye por un tejido protector llamado peridermis ("que rodea la piel").

La peridermis reemplaza al tejido epidérmico en las raíces y en los tallos de las plantas leñosas conforme envejecen, pues comienza a formarse una vez que se ha iniciado la producción de xilema y floema secundarios. Estructuralmente está formada por tres capas. La capa media es el cámbium suberógeno o felógeno, cuyas células presentan las típicas características de células indiferenciadas. La capa externa es el súber o corcho con células muertas suberificadas y la capa interna, denominada felodermis, es contigua al parénquima cortical.

3.3. PELOS O TRICOMAS

Son apéndices epidérmicos unicelulares o pluricelulares, con función y morfología variable e incluye los tricomas glandulares o secretores y los no glandulares o protectores (pelos, escamas, papilas, etc.).

Algunos están formados por células muertas, vacías de contenido, otros, formados por células vivas rodeados de cutícula. Las funciones que desempeñan son variadas:

- Protección frente a iluminación y evaporación excesivas
- Soporte en plantas trepadoras
- Absorción de agua en hojas o raíces (pelos radicales)
- Secreciones (pelos glandulares)

4. Tejido parenquimático

El tipo celular más común del tejido fundamental es el parénquima. Este puede constituir la mayor parte de la corteza y la médula. Etimológicamente significa "tejido que está en medio", es decir, tejido de relleno. Ocupando espacios entre tejidos diferenciados. Las células parenquimáticas muestran el menor grado de diferenciación (especialización) y por eso se considera que filogenéticamente podrían ser precursoras del resto de los tipos celulares. Ontogenéticamente es la más parecida a la célula meristemática. Conservan su capacidad de dividirse incluso cuando son maduras.

El parénquima se encuentra formando masas continuas de células en la corteza y en la médula de tallos y raíces, en el mesófilo de la hoja, en la pulpa de los frutos suculentos y en el endospermo de las semillas, también puede aparecer asociada al xilema y floema, formando parte integral de los mismos.

Sus células tienen las siguientes características:

- Son vivas con pared celular primaria delgada.
- Son células poco diferenciadas.
- Poseen vacuolas grandes.
- Tienen formas variadas dependiendo de su función.
- En él se desarrollan las principales funciones orgánicas de las plantas.

4.1. Clasificación del parénquima

Según sus características celulares, el parénquima puede ser de varios tipos:

4.1.1. Parénquima clorofiliano o clorénquima

Sus células tienen gran cantidad de cloroplastos, por lo que están relacionados con la fotosíntesis. Se encuentran debajo de la epidermis, donde pueden penetrar bien la luz en los órganos verdes de las plantas.

4.1.2. Parénquima de reserva

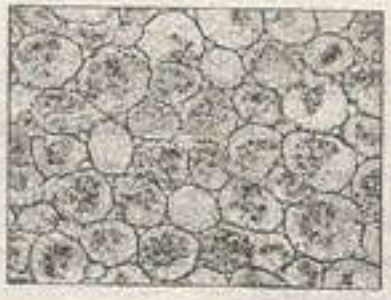
Es el tipo de parénquima que almacena diversas sustancias según la fisiología de cada planta o las necesidades surgidas de la adaptación a su medio. También se le denomina parénquima incoloro. Este tipo, según la sustancia de reserva, puede ser

- **Parénquima amiláceo.** Se encuentra en cotiledones, médula de tallos, raíces y frutos, sus células sintetizan y almacenan a nivel del citoplasma o en el interior de plástidios granos de almidón.
- **Parénquima aerífero.** Llamado también aerénquima. Se encuentra en hojas de plantas acuáticas o las que crecen en lugares encharcados. Se les observa caracterizados porque sus células forman enormes cordones anastomosados que dejan grandes espacios entre ellos y comunicados entre sí, por donde circulan los gases que permiten la aireación y flotación de las plantas hidrófilas.
- **Parénquima acuífero.** Presenta células carentes de cloroplastos, pero contiene unas vacuolas muy grandes con abundante agua que le sirven de reserva en épocas de sequía. Este parénquima se encuentra en hojas carnosas de plantas como la sábila y en los tallos de los cactus.

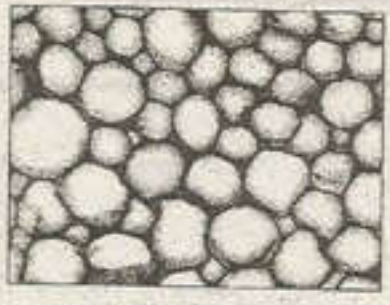
Lumbreras Editores

TIPOS DE PARENQUIMAS

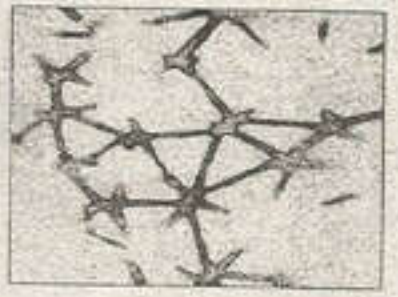
Parénquima amiláceo en la raíz de ranunculus



Parénquima acuífero en el tallo de un cactus



Parénquima aerífero en la médula de un junco



4.2. ESTRUCTURAS SECRETORAS UBICADAS EN EL PARENQUIMA

Los productos de las secreciones internas de una planta se almacenan en el interior de los tejidos de esta, a veces durante toda su vida. Las estructuras secretoras internas se encuentran alejadas de la epidermis y principalmente distribuidas en el parénquima cortical. Se pueden distinguir las siguientes estructuras:

4.2.1. Células secretoras (o idioblastos)

De origen parenquimático o epidérmico, son células aisladas que se diferencian de las células vecinas por su morfología, que puede variar desde formas isodiamétricas hasta tubos más o menos alargados. Sintetizan una amplia variedad de productos que almacenan en su interior, como resinas, mucílagos, taninos e incluso sustancias cristalizables. Entre las más comunes tenemos a las células oleíferas de la corteza de la canela, *Cinnamomum zeylanicum* (*Lauraceae*); células oleoresinosas en el rizoma del jengibre, *Zingiber officinale* o células oleíferas en los cotiledones del maní, *Arachis hypogaea*.

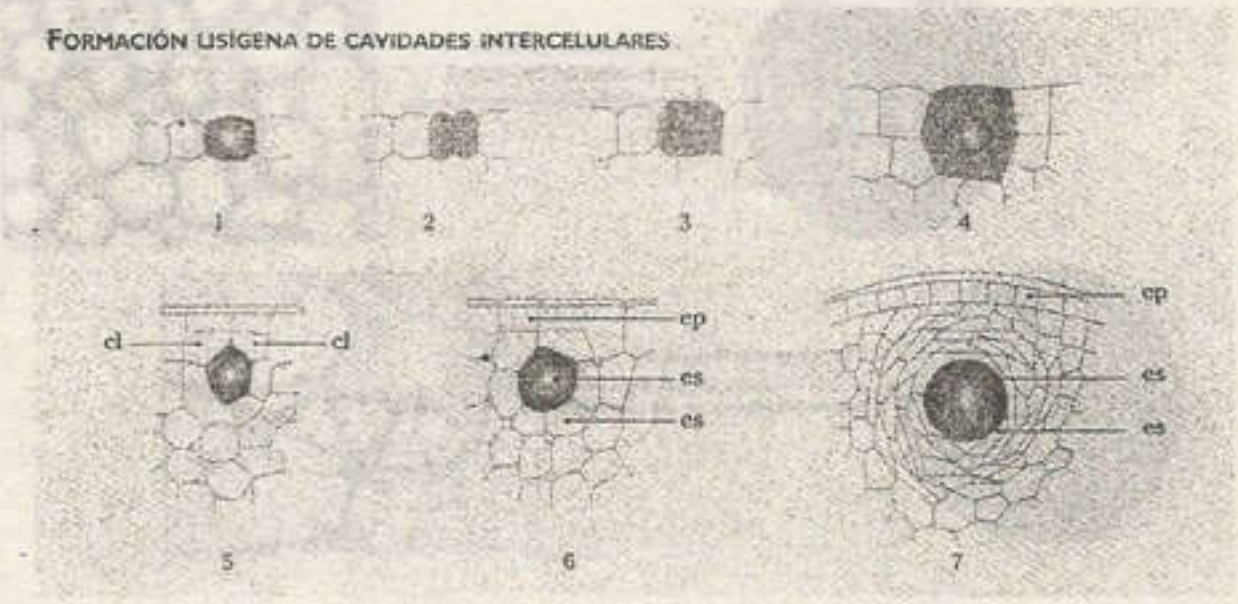
Jenjibre o kion

4.2.2. Cavidades y conductos secretores

Se diferencian de los idioblastos en que su producto de secreción se acumula en los espacios intercelulares.

Las cavidades intercelulares pueden tener formación esquizógena o lisígena. En el primer caso se disuelve la laminilla media en los ángulos y aristas de las células y, como consecuencia, las células contiguas se separan en dichos lugares formando los espacios intercelulares o meatos, que estarán tapizados por células secretoras. Cuando hay formación lisígena los huecos en los tejidos se originan por desintegración de las células o disolución de las paredes celulares, como ocurre en los cítricos o el eucalipto.

FORMACIÓN LISÍGENA DE CAVIDADES INTERCELULARES



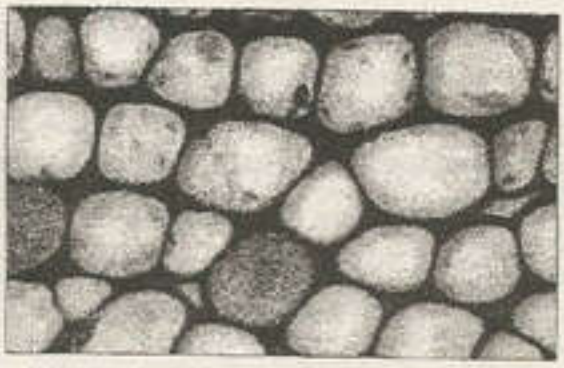
Los conductos se forman cuando las células se dividen alrededor de un amplio espacio intercelular o lumen al que las células secretoras vierten su secreción. Un ejemplo son los canales resiníferos. Ejemplo: corte de canal resinífero de pino.

Los laticíferos son células individuales o en grupo (pueden formar tubos) que acumulan un líquido llamado látex, líquido blanquecino o anaranjado resultado de la emulsión en agua de una variedad de sustancias como sales, ácidos orgánicos, alcaloides, azúcares, taninos, resinas, caucho, almidón, carotenos etc. Se encuentran en unas veinte familias de plantas desde herbáceas a leñosas. Encontramos laticíferos en plantas de los géneros *Urtica*, *Cannabis*, *Ficus*, *Euphorbia*, *Allium*, *Hevea*, *Papaver somniferum* (amapola adormidera) fuente del opio.

Corte de cascara de naranja (*Citrus sinensis*) (50x) mostrando en el mesocarpo, grupos de células que se autolisan para formar gruesas gotas de aceites esenciales y ácidos orgánicos. Son las llamadas "cavidades lisígenas de secreción".

5. Tejido colénquima

Las células de este tejido son básicamente parénquima con paredes engrosadas en forma desigual, por lo tanto, es un tejido vivo fuerte y flexible, formado por células alargadas, fusiformes o prismáticas de hasta 2 mm de longitud, en corte transversal son poligonales y su protoplasto es rico en agua, cloroplastos y taninos. Presentan una gruesa pared primaria con abundante celulosa, hemicelulosa y pectinas, pero carentes de lignina. El engrosamiento desigual de sus paredes le confiere al tejido gran fuerza de tensión y resistencia al estrés mecánico.



Células de colénquima (tallo de *Helianthus*)

El colénquima se considera como una forma derivada del parénquima, asimismo, sobre su origen se puede señalar que se forma de las células del periblema o corpus del meristemo primario.

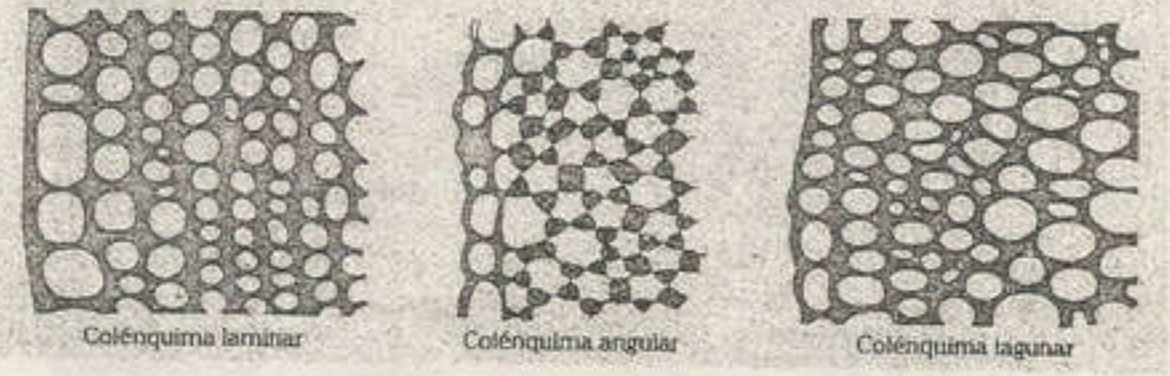
El colénquima funciona como tejido de soporte de los órganos en crecimiento. Su ubicación en los tallos suele estar por debajo de la epidermis, en donde pueden formar un cilindro completo o un anillo con hebras separadas. En el apio, el colénquima se localiza en los surcos de los ejes que sostienen las hojas. También se puede observar colénquima a lo largo de las principales nervaduras de las hojas.

5.1. Tipos de colénquima

Se caracterizan por el engrosamiento de sus paredes celulares.

- Si la pared celular está engrosada de forma desigual, pero no deja espacios intercelulares, tenemos al **colénquima angular**, en el cual los engrosamientos se dan en los vértices de las células. Se le encuentra en los peciolos de las hojas de *Begonia sp.*, *Cucurbita sp.*, tallos de papa y en la familia *Apiaceae*.
- Cuando los engrosamientos están en las paredes tangenciales externas e internas tenemos **colénquima laminar**. Presente en la corteza de *Sambucus sp.*
- Si el engrosamiento de la pared deja espacios intercelulares, puede ocurrir que el engrosamiento de la pared exista cerca de dichos espacios intercelulares, tenemos entonces **colénquima lagunar**. Se encuentra en el peciolo de las especies de la familia *Asteraceae*, salvia, malva y tallo de lechuga.

Esquemas de los tipos de colénquima



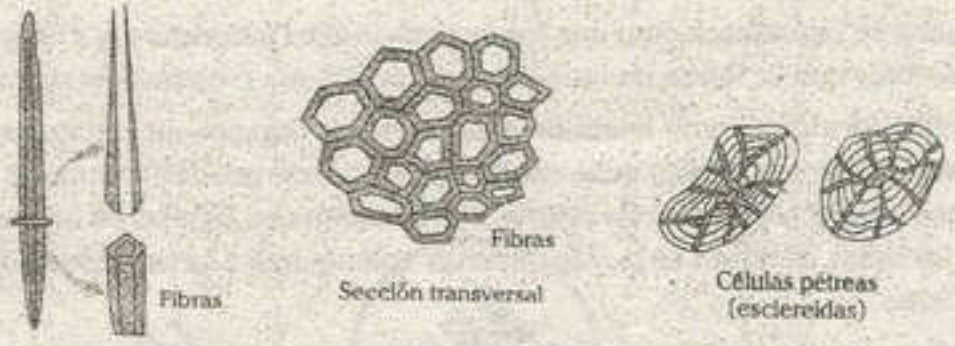
Colénquima laminar | Colénquima angular | Colénquima lagunar

Lumbreras Editores

Es un tejido que desempeña una función estructural de gran importancia para la planta. Se encuentra disperso entre los tejidos y órganos adultos de la planta, dando elasticidad y solidez, y de esta forma le proporciona resistencia. Sus células a menudo presentan una pared secundaria gruesa y lignificada; esta característica las diferencia de las colenquimatosas.

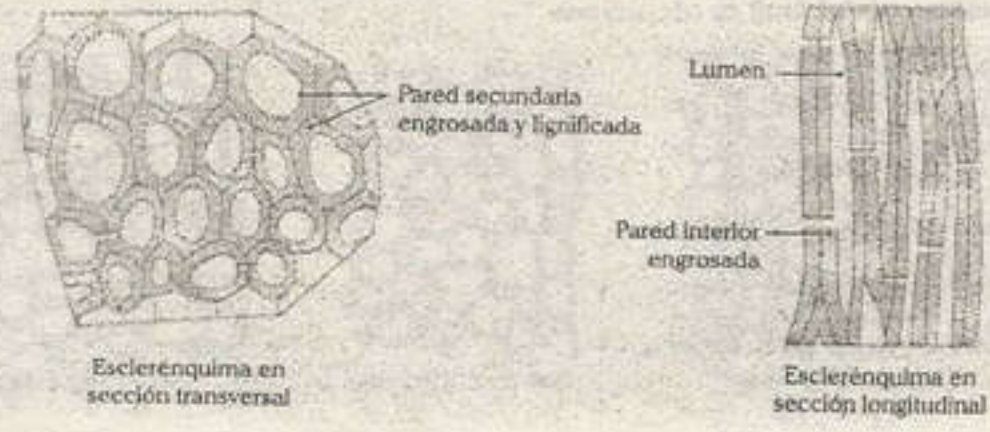
Se encuentra formando haces o un anillo en la corteza, en el floema forma un aparente anillo disperso. Su origen se encuentra en el periblema o corpus del meristemo primario. El esclerénquima se compone de dos tipos celulares: las fibras y las esclereidas.

FIBRAS DE ESCLERÉNQUIMA Y CÉLULAS PÉTREAS



Son células alargadas de extremos puntiagudos, con una pared celular secundaria más o menos gruesa, con muchas capas y con un grado de lignificación variable. La pared celular de la fibra madura puede ser tan gruesa que a veces ocupa completamente el interior celular. Las fibras están en diversos tejidos de la raíz, tallo, hojas, flores y frutos. Se les puede encontrar también en el xilema y floema, como una vaina que rodea los haces de tejidos vascular, esto se observa principalmente en las hojas y tejido fundamental.

Debido a su resistencia a la tensión son de gran importancia económica y se empaquetan por lo general formando hebras que constituyen la fibra comercial. Las fibras de las hojas de algunas monocotiledóneas, como las palmeras, son comercialmente importantes en la manufacturación de ropa y otros tejidos.



Las fibras se clasifican, de acuerdo a su posición en la planta, en dos tipos:

- **Fibras xilares o del xilema.** Estas derivan filogenéticamente de las fibrotraqueidas, constituyen una parte integral del xilema y se desarrollan de los mismos tejidos meristemáticos que dieron origen a los otros elementos del xilema.
- **Fibras extraxilares.** Se pueden encontrar en el tejido fundamental, corteza (fibras corticales en gramíneas) o estar asociada con el floema (fibras liberianas), como ocurre en las dicotiledóneas.

Fibras comerciales

Entre las fibras de importancia comercial se distinguen:

- Las llamadas **fibras blandas**, que son las correspondientes a los tejidos vasculares (generalmente floemáticos) de las dicotiledóneas. Destacan las fibras del lino del cual se hacen tejidos de hilo.
- Las **fibras duras**, que se encuentran en las monocotiledóneas, están formadas por los haces vasculares juntamente con la vaina de fibras que la rodean. Estas fibras duras destacan en Agave americana, del cual se elaboran cordeles, y en *Cannabis sativa* del cual se obtienen sogas.

Fibras duras obtenidas de *Cannabis sativa*

6.2. ESCLEREIDAS

Son células que varían en cuanto a forma y tamaño, se pueden encontrar células con forma isodiamétricas hasta células con proyecciones largas. Están ampliamente distribuidas entre las angiospermas, pero son más abundantes en dicotiledóneas que en monocotiledóneas. Se localizan en los tallos, hojas, frutos y semillas, aisladas o formando capas.

Tipos de esclereidas

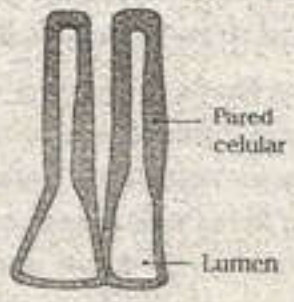
Braquiesclereidas Astroesclereidas Osteosclereidas

Se clasifican, según su forma, en

- Astroesclereidas, con formas estrelladas y ramificadas. Estas esclereidas se encuentran sobre todo en peciolos y hojas.
- Braquiesclereidas, se asemejan a células parenquimáticas por su forma isodiamétrica (forman las estructuras arenosas en frutos como la pera y el membrillo) también llamada célula pétrea.
- Osteoesclereidas, con forma de hueso largo. Se encuentra en cubiertas de semillas.

Esclereidas de la cubiera seminal de *Pisum sativum*, arveja (Dicot.)

Osteoesclereidas



Macroesclereidas

A continuación se muestra un cuadro comparativo entre los tejidos adultos parénquima, colénquima y esclerénquima.

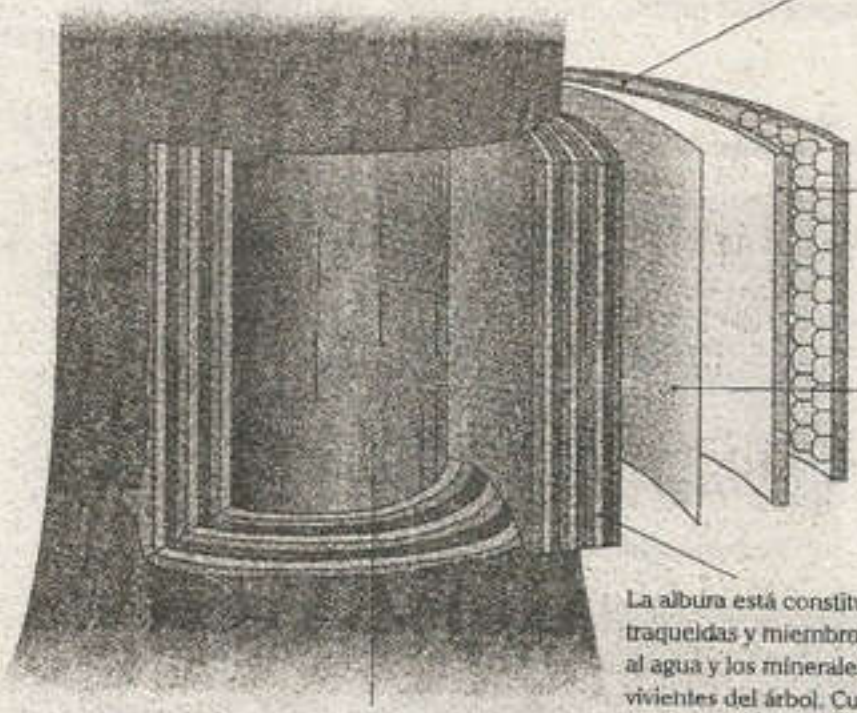
Características	Parénquima	Colénquima	Esclerénquima
Forma de la célula	Células isodiamétricas, ovaladas, esféricas o de forma poligonal.	Circular, ovalada o poliédrica.	Formas variables. Fibras y esclereidas.
Pared celular	Pared celular delgada y celulósica.	Engrosamiento desigual en las paredes celulares.	Pared celular secundaria lignificada.
Citoplasma	Abundante	Presente	Ausente

Característica	Parénquima	Colénquima	Esclerénquima
Núcleo	Presente (tejido vivo)	Presente (tejido vivo)	Ausente (tejido muerto)
Vacuola	Vacuola grande	Vacuolado	Ausente
Espacio intercelular	Presente	Ausente	Ausente
Presencia	Básicamente como tejido de relleno. En las partes blandas de la planta, médula y rayos medulares.	Tallo de dicotiledónea, peciolo y subepidermis, ausente en raíz.	Hipodermis de las dicotiledóneas, vaina del haz vascular, pericicio, semilla, pulpa de fruta.
Funciones	Almacenamiento de nutrientes y fotosíntesis.	Proporcionar resistencia a la tracción. Soporte mecánico y fotosíntesis.	Protección contra el estrés y la tensión. Resistencia mecánica.

7 ▸ TEJIDO VASCULAR

El sistema vascular que conduce diferentes soluciones a lo largo de la planta se compone del xilema y el floema.

El corcho es un tejido muerto que protege los tejidos interiores de la desecación, del daño mecánico y de los insectos y otros herbívoros. El corcho, el cambio suberoso y el floema juntos constituyen la corteza del tronco.



El floema conduce los azúcares producidos por fotosíntesis a las raíces y a otras partes vivientes no fotosintéticas de la planta.

El cambio vascular produce xilema secundario y floema secundario.

La albura está constituida por tejido xilemático, que contiene las traqueidas y miembros del vaso, a través de los cuales se mueven al agua y los minerales desde el suelo a las hojas y a otras partes vivientes del árbol. Cuando mueren las células parenquimáticas vivas del xilema, la albura se transforma en duramen.

El duramen, compuesto enteramente de células muertas, es la columna central de soporte del árbol adulto.

7.1. XILEMA

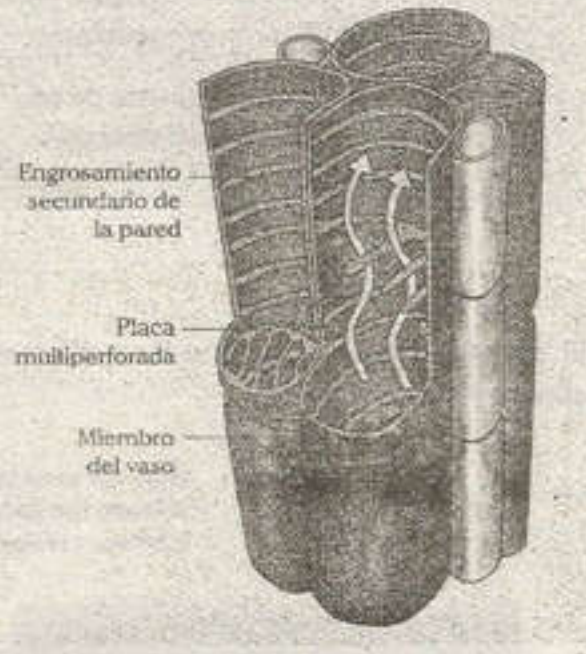
Este tejido es uno de los más importantes en las plantas vasculares, ya que es el principal conductor de agua en la planta. Además está asociado con el transporte de minerales, reserva de nutrientes y soporte. Recorre todo el cuerpo del vegetal.

Se compone de varios tipos celulares, pero los principales en su papel conductor son denominados elementos traqueales, que a su vez se componen de dos tipos de células: las traqueidas y las tráqueas (o vasos).

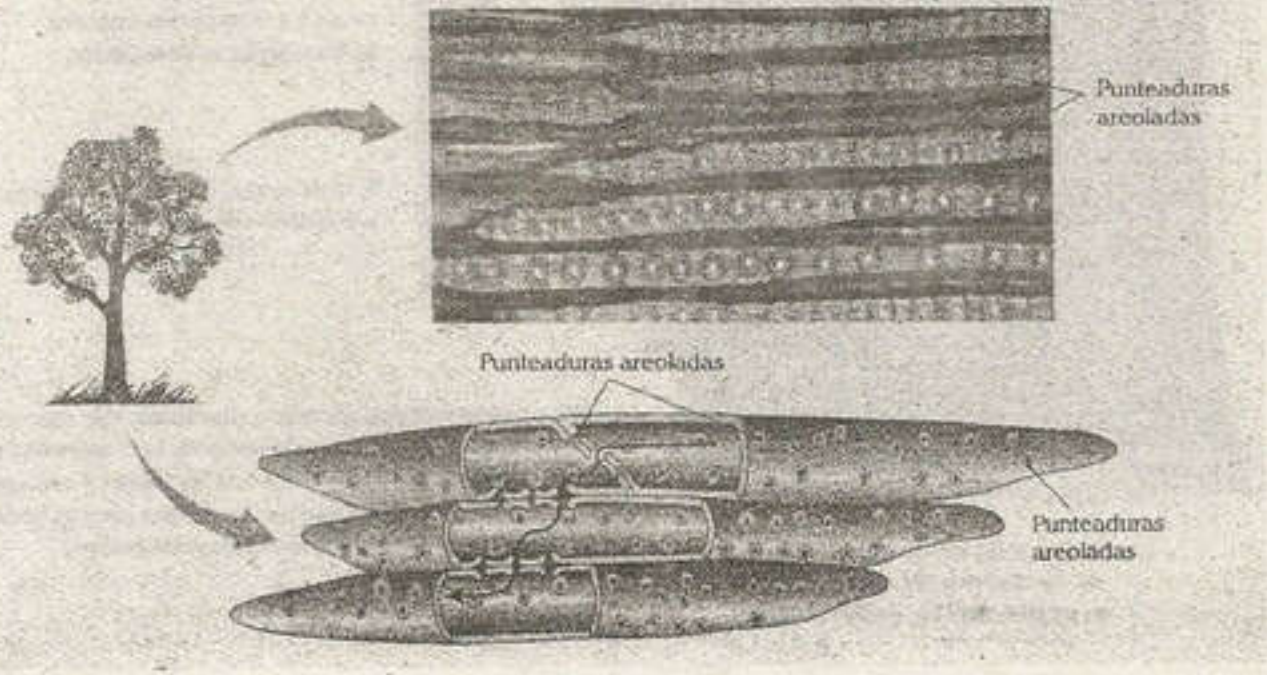
Tanto traqueidas y tráqueas son, en la madurez, células muertas y alargadas con paredes engrosadas que, al no tener contenido citoplasmático, facilitan el transporte.

Las tráqueas se diferencian de las traqueidas por ser largas, de mayor diámetro, tener perforaciones en la pared celular y unirse para formar tubos continuos denominados vasos, por lo que funcionalmente son más eficientes. Las tráqueas en realidad solo están presentes en las angiospermas o plantas superiores. Las traqueidas, cuyo largo es del orden de los milímetros, son células delgadas con extremos sesgados, parecidos a las puntas de las agujas hipodérmicas, y funcionalmente menos eficientes, presentes principalmente en los grupos más primitivos de plantas con semilla.

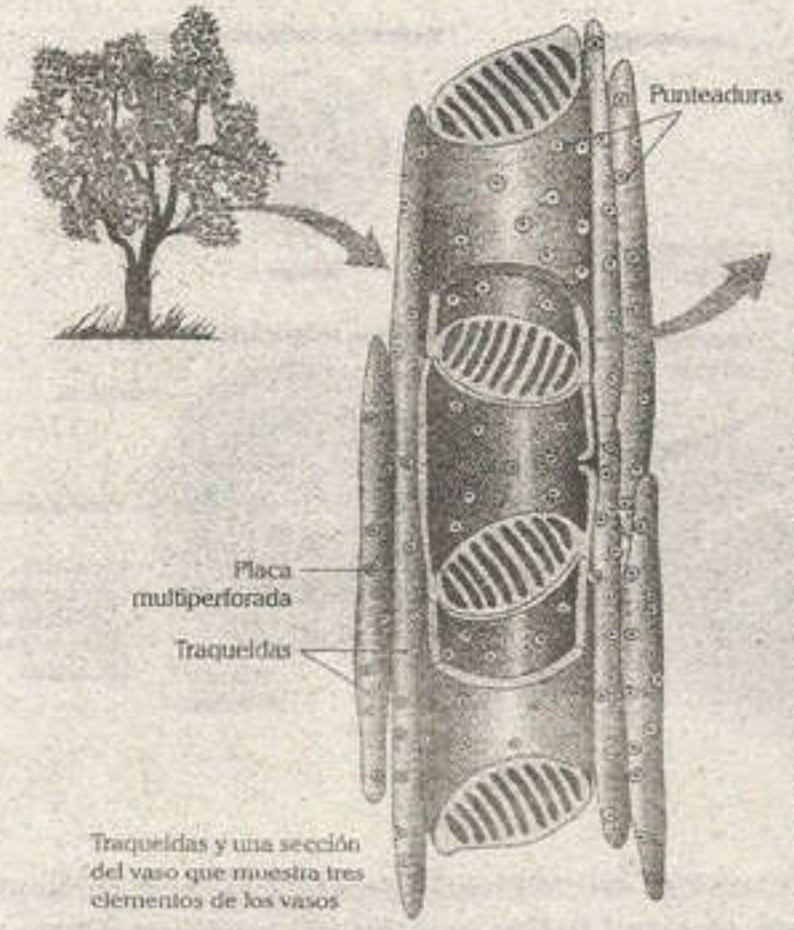
ESQUEMA DE LOS VASOS XILEMÁTICOS: TRÁQUEAS



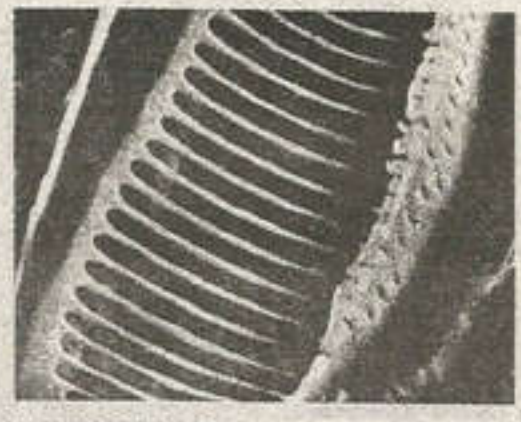
ESQUEMA DE LOS VASOS XILEMÁTICOS: TRAQUEIDAS



ELEMENTOS DE LOS VASOS XILEMÁTICOS



Traqueidas y una sección del vaso que muestra tres elementos de los vasos



Placa de perforación

Tres elementos de los vasos

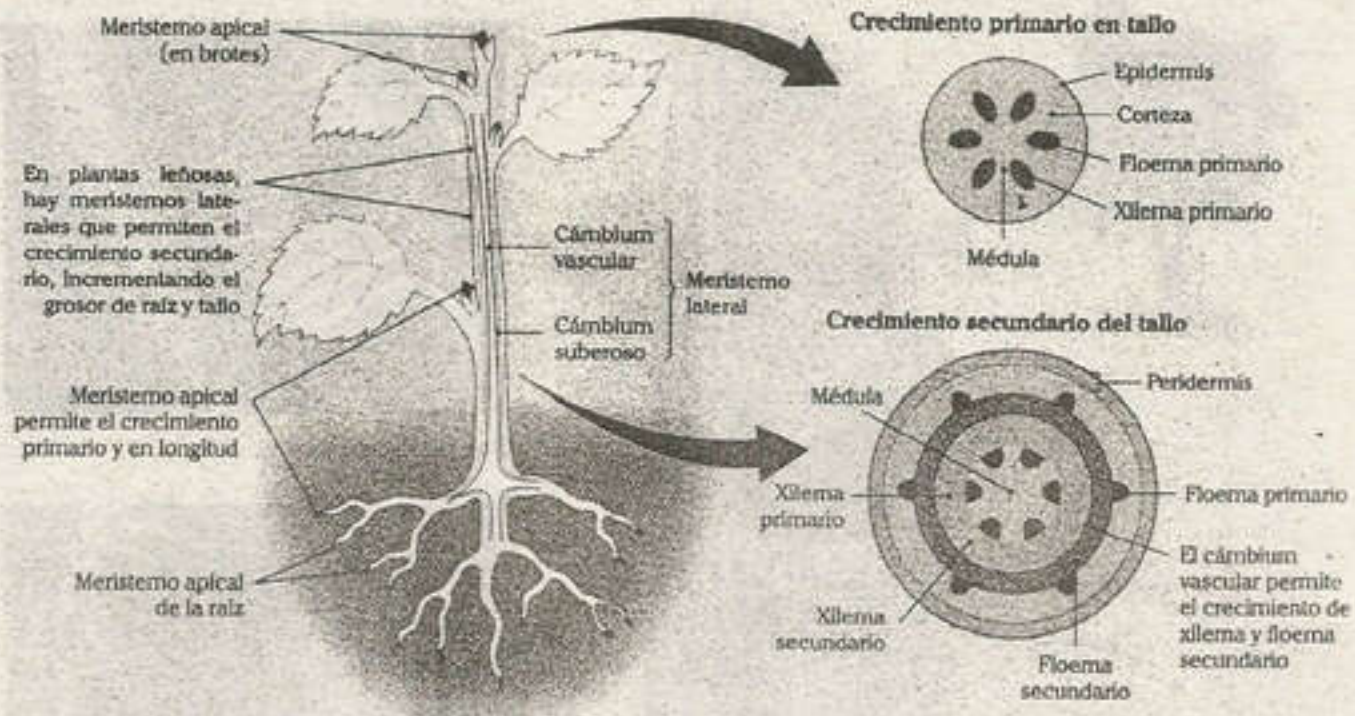
Otros elementos del xilema son las fibras, que pueden ser más largadas que las traqueidas. También poseen paredes secundarias lignificadas. Sus paredes son generalmente más gruesas que las de las traqueidas. Pueden ser xilares y extraxilares. Las células parenquimatosas del xilema en tallos leñosos pueden ser de dos formas:

- Parénquima xilemático o leñoso, que se extiende en dirección tangencial.
- Parénquima radiomedular, que se extiende en dirección radial.

7.1.1. Desarrollo del xilema

- **Xilema primario.** Se desarrolla del meristemo primario y se distingue una primera etapa con protoxilema (contiene solo elementos traqueales y parenquimatosos, pero no fibras) seguido de un metaxilema (contienen además fibras y en las paredes de los vasos se forman engrosamientos que pueden ser helicoidales, escaleriformes, reticulados o con puntuaciones).
- **Xilema secundario.** Producto de la actividad del cámbium vascular, con elementos ordenados en filas radiales y más cortos que los del xilema primario. Se observa en este tipo de xilema dos sistemas: sistema vertical, formado por tráqueas, fibras y células parenquimatosas; y el sistema horizontal, compuesto solo por células parenquimatosas alargadas en dirección horizontal, formando los radios medulares en los tallos leñosos.

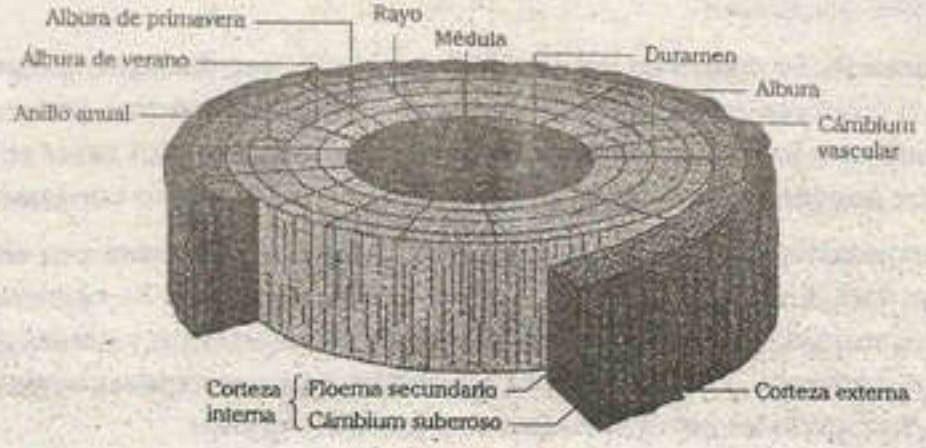
MERISTEMOS Y DISPOSICIÓN DE LOS TEJIDOS CONDUCTORES EN UNA PLANTA CON CRECIMIENTO PRIMARIO Y SECUNDARIO



7.1.2. Anillos de crecimiento

En las zonas templadas del planeta, la actividad del cámbium es periódica, es decir, a lo largo del año se tiene un periodo de crecimiento, en el cual se forma una capa de crecimiento. Este periodo se inicia en primavera y cesa en otoño. El crecimiento cesa durante el invierno y empieza de nuevo en el verano siguiente. Los elementos del xilema originados en la primavera son anchos y se diferencian mucho de los formados en el otoño del año precedente. En secciones transversales se observan estas capas de crecimiento como anillos anuales. En el corte transversal de un tallo leñoso, el cilindro vascular muestra regiones como la albura, que es la parte más joven del leño y se halla en el periodo activo, y el duramen, más oscuro por la impregnación de los taninos.

ANILLOS DE CRECIMIENTO EN UN TALLO LEÑOSO



7.2. FLOEMA

Es el tejido vascular encargado de transportar compuestos orgánicos (azúcares especialmente) por toda la planta. El floema es, al igual que el xilema, un tejido complejo con diferentes tipos celulares.

Esquema de los vasos floemáticos

Los elementos de los tubos cribosos (ETC) conforman los principales componentes del floema. Llamadas también células cribosas, son células fusiformes con pared primaria, pero especialmente engrosada. En su madurez funcional presentan citoplasma, pero no núcleo, por lo que requieren la colaboración de las llamadas células anexas o acompañantes, siempre adyacentes a ellos. En los polos presentan una estructura especializada llamada placa cribosa, con alto contenido en calosa (polímero de glucosas dispuestos en espiral y unidos mediante enlaces 1,3 beta), a través de la cual se comunican con los otros ETC formando los tubos cribosos, y es por medio de estos que fluye la savia elaborada.

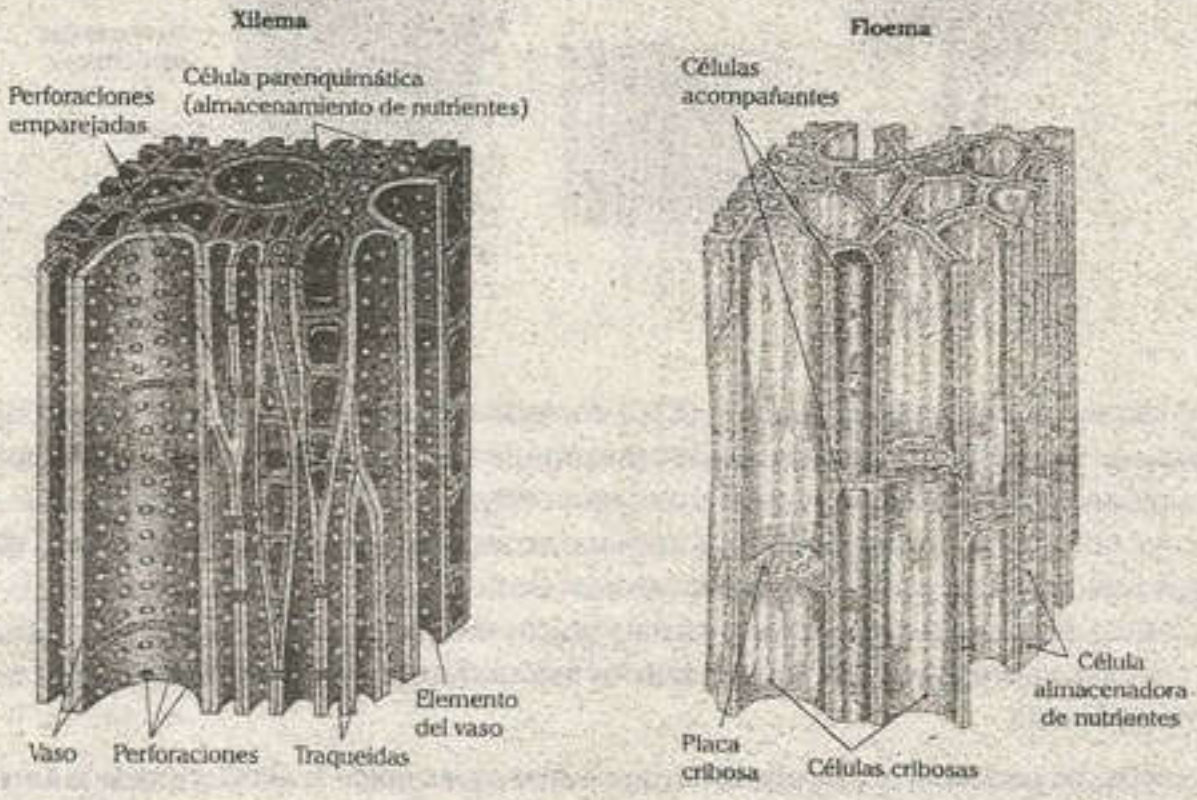
En otoño, las perforaciones se obstruyen con calosa, que impide la circulación de la savia dejando a la planta inactiva durante el invierno. En primavera, la calosa se disuelve y comienza la recirculación.

7.2.1. Otros elementos del floema

- **Células anexas de los tubos cribosos.** Son células asociadas a los tubos cribosos. Se ocupan de mantener vivo y funcional el citoplasma de los elementos de los tubos cribosos (ETC), que carecen de núcleo al activar el transporte de moléculas alimenticias solubles hacia dentro y fuera de los mencionados elementos a través de las áreas cribosas de la pared. Los productos de la fotosíntesis son distribuidos al resto de la planta por los tubos cribosos del floema por un mecanismo denominado flujo de presión.
- **Fibras.** Son células muy alargadas y fusiformes que desarrollan una gruesa pared secundaria. Cuando están funcionalmente maduras es indiferente que estén vivas o muertas.

- **Floema primario.** Son de dos tipos, el protofloema que se desarrolla en las partes de la planta que se encuentran todavía en el periodo de crecimiento en longitud; el metafloema se origina más tarde cuando el órgano ha terminado de crecer y son más largos.
- **Floema secundario.** Son un producto del cámbium vascular y presentan un sistema horizontal formado por radio medulares y otro vertical formado por los elementos cribosos.

COMPARACIÓN ENTRE XILEMA Y FLOEMA



twitter.com/calapenshko

Referencias bibliográficas

- DES ABBAYES, H. y colaboradores. *Botánica, vegetales inferiores*. Barcelona: Editorial Reverté, 1989.
- IZCO, Jesús (Coord.). *Botánica*. Segunda edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 1997.
- NABORS, Murray W. *Introducción a la botánica*. Madrid: Pearson Educación, 2006.
- PÉREZ T., E.; MILLAN, B.; IPARRAGUIRRE, D.; COX, E.; CARRILLO, E. y M DEL PILAR. *Introducción a la biología vegetal*. Lima, 1999.

Los cultivos de tejidos vegetales en las ciencias biológicas

A lo largo de la historia se ha logrado la producción de gran variedad de compuestos sintéticos y naturales de gran interés para la industria farmacéutica, alimenticia, textil y de cosméticos, entre otras, empleando síntesis química, mediante la utilización de microorganismos o mediante el uso de enzimas. El cultivo de tejidos vegetales (CTV) también se ha utilizado para la producción de metabolitos secundarios de interés y en los últimos años se ha incrementado su uso como una fuente alternativa para el suministro de compuestos saborizantes naturales que sean más seguros (no tóxicos), en respuesta a la demanda de los consumidores, así como alcaloides, pigmentos, fragancias y muchas otras sustancias más.

El CTV se basa en el concepto de totipotencia, término que se aplica a que todas las células de una planta tienen la capacidad de regular la división celular y diferenciación para crecer y así regenerar una nueva planta.

Los cultivos in vitro pueden iniciarse prácticamente a partir de cualquier parte de la planta (tallo, hoja, semilla, fruto, embrión, cotiledones, raíz, etc.). Comúnmente se seleccionan aquellas partes de la planta que se encuentran en división activa, como las regiones meristemáticas. Para la generación de metabolitos secundarios por medio de CTV, principalmente se emplea el cultivo de tejidos y cultivo de células en suspensión. En el primero, se utilizan pequeños segmentos de tejido inoculados en medios semisólidos, en los cuales, dependiendo de los reguladores de crecimiento utilizados, es posible inducir con cierta facilidad la formación de callos.

El CTV parece ser una atractiva alternativa para el suministro continuo y homogéneo de compuestos naturales de interés industrial como benzoquinonas, enzimas, alcaloides ácidos orgánicos, pigmentos, esteroides, sabores, aromas y edulcorantes. Optimizando las condiciones de cultivo se pueden obtener y seleccionar aquellos con producción estable, y se pueden establecer procesos a niveles comerciales utilizando biorreactores para crecimiento de biomasa y otros a nivel de planta piloto para la producción de metabolitos secundarios por CTV.

El color es uno de los más importantes atributos en la calidad de los productos alimenticios y muchas veces es la base para la aceptación por el consumidor. Dentro de la producción de colores y pigmentos por CTV se incluyen antocianinas, betalaínas, carotenoides (β-caroteno, licopeno, crocin), clorofilas, quinonas (antraquinonas, naftoquinona) y pigmentos azules y rojos. El primer éxito comercial de un metabolito producido por CTV fue la shikonina, una naftoquinona roja, tinte producido en las raíces de *Lithospermum erythrorhizon*.

Como vemos, la utilidad de cultivos vegetales trae numerosos beneficios a diversas industrias.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

El tejido meristemático que presenta divisiones periclinal y radial para el crecimiento del tejido vascular secundario se denomina

A) felodermis.
B) pericicio.
C) cámbium suberoso.
D) meristemo intercalar.
E) cámbium vascular.

Resolución

El tejido meristemático puede ser apical o lateral, este último se encarga del crecimiento en grosor de la planta y se encuentra a lo largo del tallo secundario. El meristemo lateral encargado de formar los tejidos vasculares, xilema y floema secundario, es denominado también cámbium vascular.

Clave E

Pregunta 2

El felógeno es un tipo de tejido meristemático que por divisiones sucesivas da origen al

A) xilema secundario.
B) parénquima vascular.
C) floema secundario.
D) súber o corcho.
E) cámbium vascular.

Resolución

El felógeno o cámbium suberoso se encuentra formando parte de la peridermis, tejido protector de árboles leñosos y que por divisiones sucesivas genera varias capas de células muertas denominadas súber o corcho. El felógeno es otro tipo de tejido meristemático de tipo lateral.

Clave D

Pregunta 3

Células vegetales con núcleo grande, numerosas vacuolas y pared primaria, además están en constante cariocinesis, debido a la acción de fitohormonas como la auxina.

A) colenquimáticas
B) clorénquimas
C) meristemáticas
D) epidérmicas
E) secretoras

Resolución

El tejido embrionario que persiste durante el crecimiento de una planta se denomina meristemático, este tejido se caracteriza por presentar células con núcleo grande, numerosas vacuolas pequeñas y una pared primaria delgada, y se encuentra en constante división mitótica.

Clave C

Pregunta 4

Los anillos de crecimiento presentes en tallos secundarios son un producto de la actividad del ....., que por divisiones tangenciales da origen al xilema y floema secundario.

A) procámbium
B) meristemo apical
C) meristemo intercalar
D) cámbium suberoso
E) cámbium vascular

Lumbreras Editores

Resolución

Los anillos de crecimiento son fundamentalmente tejido xilemático secundario que se ha incrementado producto de las divisiones del cámbium vascular. Los anillos de crecimiento son característicos de los tallos secundarios de las plantas dicotiledóneas, como es el caso del sauce, el molle y la caoba.

Clave E

Pregunta 5

Las aberturas presentes en el tejido epidérmico que permiten el intercambio gaseoso y la transpiración de las plantas se denominan

A) lenticelas.
B) estomas.
C) plasmodesmo.
D) periciclo.
E) haustorios.

Resolución

Los estomas son aberturas en el tejido epidérmico que permiten el intercambio gaseoso y la transpiración de las plantas en su medio. Los estomas presentan dos células oclusivas que pueden separarse generando una abertura por donde ingresa el CO_2 y libera O_2, además es por allí donde se pierde agua por transpiración.

Clave B

Pregunta 6

Son apéndices epidérmicos unicelulares o pluricelulares con funciones como la secreción, absorción y adhesión de las plantas.

A) rizoma
B) ritidoma
C) estoma
D) tricoma
E) pleroma

Resolución

Los tricomas son estructuras epidérmicas, denominadas también pelos, que pueden estar constituidas por una célula o varias, con diversas funciones. Estas estructuras son evidentes en hojas pubescentes, en donde pueden cumplir la función de protección frente a los factores ambientales como la temperatura e iluminación.

Clave D

Pregunta 7

El súber estructuralmente pertenece a la peridermis y se caracteriza por

A) presentar células carentes de citoplasma y meatos.
B) ser un producto de las divisiones del cámbium vascular.
C) contener tricomas glandulares y unicelulares.
D) ser tejido protector de tallos primarios.
E) presentar estomas en cavidades especiales.

Resolución

El súber o corcho es un tejido con células que carecen de citoplasma y no presentan meatos. Sus paredes celulares están impregnadas de suberina, sustancia semejante a la cutina, que contiene 35% de ácidos grasos, 20 a 30% de lignina, celulosa, politerpenos y taninos.

Clave A

Lumbreras Editores

Pregunta 8

..... son estructuras que se encuentran en la ..... de las plantas leñosas y reemplazan a los ..... en la función de intercambio de gases.

A) Los tricomas - epidermis - estomas
B) Los estomas - epidermis - lenticelas
C) Los estomas - peridermis - tricomas
D) Las lenticelas - peridermis - estomas
E) Las lenticelas - epidermis - estomas

Resolución

Las lenticelas se desarrollan durante el crecimiento secundario en la peridermis de los tallos y raíces. Son estructuras de forma lenticular y reemplazan a los estomas en la función de intercambio de gases. Se originan por la división en diferentes planos de una capa de felógeno formando las células de relleno.

Rpta.: D

Pregunta 9

El mesocarpio carnoso de los frutos simples está constituido principalmente por

A) xilema.
B) floema.
C) epidermis.
D) parénquima.
E) esclerénquima.

Resolución

Las células parenquimáticas forman el tejido básico fundamental que constituye la médula, la corteza, los radios medulares de la raíz y del tallo y el mesófilo, la parte carnosa de los frutos, permaneciendo vivas durante muchos años.

Rpta.: D

Pregunta 10

El parénquima aerífero puede ser encontrado en plantas de tipo

A) xerófitas.
B) hidrófitas.
C) mesófitas.
D) heliófitas.
E) esciófilas.

Resolución

El parénquima aerífero permite almacenar gases en el interior de los meatos que se encuentran entre sus células. Es un tejido que permite, por lo tanto, la flotabilidad de diferentes órganos de las plantas hidrófitas. Estas plantas, como el Jacinto de agua, presentan el llamado también aerénquima en el peciolo y hoja flotantes.

Rpta.: B

Pregunta 11

En las semillas del maíz es abundante el

A) parénquima clorofiliano.
B) parénquima aerífero.
C) parénquima amiláceo.
D) parénquima acuífero.
E) parénquima esponjoso.

Resolución

En el maíz, la semilla se encuentra adosada al pericarpio, dándonos un fruto denominado cariópside, comúnmente llamado grano. La semilla presenta un endospermo con abundante parénquima amiláceo, ello le permite almacenar almidón útil durante la germinación.

Rpta.: C

Lumbreras Editores

Pregunta 12

La mayoría de las células ..... alcanzan su madurez sin otra diferenciación que un aumento de tamaño y engrosamiento de la pared celular.

A) xilemáticas
B) floemáticas
C) parenquimáticas
D) esclerenquimáticas
E) meristemáticas

Resolución

El parénquima se encuentra en la mayoría de los órganos de la planta, sus células con paredes engrosadas y gran tamaño constituyen el cuerpo de toda la planta. Este tejido es denominado tejido fundamental por encontrarse en la mayoría de los órganos de los vegetales.

Clave C

Pregunta 13

Tejido vegetal constituido por células vivas con paredes desigualmente engrosadas y algunas con cloroplastos.

A) parénquima
B) colénquima
C) esclerénquima
D) xilema
E) floema

Resolución

El colénquima es un tejido vegetal que se caracteriza por tener células vivas con paredes engrosadas de manera desigual y presentar órganos de rápido crecimiento, como los tallos herbáceos y brotes de las plantas leñosas.

Clave B

Pregunta 14

El colénquima angular en donde el engrosamiento de la pared celular es longitudinal se encuentra en el peciolo de hojas de

A) maíz.
B) salvia.
C) sauco.
D) apio.
E) girasol.

Resolución

El apio presenta un peciolo con acanalado en donde se encuentra el colénquima angular. Este tejido cumple la función mecánica de sostén, da flexibilidad al peciolo de la hoja.

Clave D

Pregunta 15

Es una característica propia del esclerénquima.

A) Es un tejido formado por células vivas con función mecánica.
B) Se encuentra en órganos de la planta en crecimiento.
C) Se forma inmediatamente debajo de la epidermis.
D) Sus células lignificadas permiten el transporte de agua y sales.
E) Las células que presenta se pueden agrupar en fibras y esclereidas.

Resolución

El esclerénquima es un tejido disperso entre los tejidos y órganos adultos de la planta, le proporcionan elasticidad y solidez. Posee diferentes tipos de células que pueden ser agrupados en fibras y esclereidas. Las fibras pueden encontrarse en bandas o vainas. Las esclereidas se encuentran en masas de células dentro del parénquima.

Clave E

Lumbreras Editores

Pregunta 16

Las células pétreas son un tipo de ..... que se encuentran en la pulpa de frutos como el membrillo.

A) leño
B) fibra
C) esclereidas
D) parénquima
E) elemento xilemático

Resolución

Las braquiesclereidas o células pétreas son un tipo de esclereidas que se caracterizan por presentar células cortas más o menos isodiamétricas y se encuentran, por lo general, en el floema, corteza, médula y corcho de los tallos, y en la pulpa de los frutos como la pera y el membrillo.

Clave C

Pregunta 17

Las tráqueas o vasos del xilema se caracterizan por

A) presentar pared secundaria suberificada y lignificada.
B) contener células pequeñas que conservan su núcleo.
C) sus células muy alargadas con puntas más o menos agudas.
D) presentar placas cribosas que permiten la comunicación entre sus células.
E) ser tubos conductores muy largos por donde se transporta la sabia inorgánica.

Resolución

El xilema es un tejido de transporte constituido por elementos como las tráqueas o vasos, que son tubos continuos que se componen de células relativamente cortas, puestas en serie longitudinales una sobre otra. A través de este vaso se transporta agua y sales minerales absorbidas por la raíz.

Clave B

Pregunta 18

Una característica de las traqueidas presentes en el xilema es que

A) son tubos continuos formados por células cortas.
B) presentan placa multiperforada en la pared transversal.
C) su origen está en la división del cámbium vascular.
D) los vasos que tienen presentan puntuaciones.
E) internamente sus paredes tienen engrosamientos.

Resolución

Las traqueidas se distinguen de las tráqueas en que se originan de células aisladas de tipo parenquimáticas, sus células pueden ser muy alargadas con puntas más o menos agudas y paredes secundarias lignificadas. Los vasos formados por las traqueidas presentan puntuaciones simples y redondeadas.

Clave D

Pregunta 19

Durante el desarrollo del xilema primario, el protoxilema formado inicialmente se caracteriza por

A) carecer de fibras.
B) conservarse en el tallo secundario.
C) ser más complejo que el metaxilema.
D) formarse cuando el alargamiento de los órganos ya ha terminado.
E) presentar células con pared engrosadas en forma de espiral o reticular.

Lumbreras Editores

Resolución

En el transcurso del crecimiento de una planta se puede observar el desarrollo del xilema como primario seguido del secundario. El xilema primario deriva del meristemo primario y en una primera etapa se observa vasos y células parenquimáticas denominándosele protoxilema. En esta etapa carecen de fibras.

Clave A

Pregunta 20

En los árboles leñosos, la parte más vieja e inactiva para el transporte de agua es llamada

A) estela.
B) albura.
C) duramen.
D) entrenudo.
E) radio medular.

Resolución

En tallos secundarios internamente se observa una parte oscura denominada duramen, debido a la impregnación con taninos que hacen que el leño sea más resistente a los microorganismos e impenetrable a los líquidos. El duramen, por lo tanto, es inactivo a comparación del albura por donde se transporta agua y sales minerales.

Clave C

Pregunta 21

Los elementos cribosos del floema se caracterizan fundamentalmente por la presencia de áreas cribosas y

A) conducir sabia inorgánica.
B) puntuaciones simples y redondeadas.
C) engrosamiento desigual de sus paredes.
D) paredes secundarias gruesas y lignificadas.
E) la ausencia de núcleos en el protoplasto en su etapa madura.

Resolución

Los elementos cribosos del floema carecen de núcleos en su etapa adulta. Las áreas cribosas con poros anchos y cordones compuestos se llaman placas cribosas. Las actividades de los tubos cribosos están reguladas por su célula acompañante, que sí presenta núcleo.

Clave E

Pregunta 22

En el floema, los elementos cribosos y las células ..... comparten una célula madre, que se ha dividido longitudinalmente.

A) de paso
B) de guardia
C) cribosas
D) acompañantes
E) parenquimatosas

Resolución

La relación entre los elementos cribosos y sus células acompañantes es muy estrecha, ya que están ligados por su origen. La división de una célula madre genera una célula grande que se diferencia en el elemento criboso y otra célula pequeña del que procede la célula acompañante.

Clave D

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. El meristemo secundario que forma parte de la peridermis se denomina

A) intercalar.
B) aerénquima.
C) clorénquima.
D) cámbium suberoso.
E) cámbium vascular.

2. El parénquima acuífero caracteriza a plantas suculentas como

A) los cactus.
B) las gramíneas.
C) los juncos.
D) las palmeras.
E) los helechos.

3. Tejido presente en nervaduras de hojas con función de transporte y sostén, respectivamente.

A) tejido floemático y esclerénquima
B) tejido xilemático y colénquima
C) colénquima y parénquima
D) esclerénquima y colénquima
E) endospermo y colénquima

4. Tejido mecánico abundante en tallos herbáceos.

A) esclerénquima
B) duramen
C) colénquima
D) parénquima acuífero
E) floema

5. No es una característica presente en el colénquima.

A) paredes engrosadas desigualmente
B) células extensibles con plasticidad
C) soporte de órganos en crecimiento
D) células jóvenes con lignina en sus paredes
E) presencia de protoplastos vivos en la madurez

6. La epidermis no está constituida por

A) súber.
B) estomas.
C) tricomas.
D) células oclusivas.
E) células cutinizadas.

7. Las células epidérmicas que forman parte de los estomas regulando el tamaño de la abertura se denominan

A) tricomas.
B) nectarios.
C) células de paso.
D) células guardia.
E) células secretoras.

8. Los tejidos vegetales formados por células muertas lignificadas con funciones de sostén y transporte, respectivamente, son

A) colénquima y floema.
B) súber y parénquima.
C) esclerénquima y xilema.
D) colénquima y súber.
E) floema y epidermis.

9. La principal forma de tejido que permite la función fotótrofa en las plantas es

A) la rizodermis.
B) el vascular.
C) el clorénquima.
D) la esclerénquima.
E) el endospermo.

Lumbreras Editores

10. La cutinización de un tejido es mediante la secreción de cera, lo cual es observable en el tejido llamado

A) endodermis.
B) felodermis.
C) rizodermis.
D) epidermis.
E) pericíclo.

11. La traqueofitas pueden transportar el agua y las sales minerales en una sola dirección por vasos denominados

A) tráqueas.
B) floemas.
C) células cribosas.
D) xilema y floema.
E) traqueidas o tráqueas.

12. En la madera se observa una región oscura llamada

A) albura.
B) duramen.
C) cribas.
D) endodermis.
E) súber.

13. Tejido vegetal caracterizado por estar en constante división nuclear.

A) colénquima
B) clorénquima
C) meristema
D) epidérmico
E) secretor

14. La aberturas presentes en el tejido epidérmico que permiten el intercambio gaseoso se denominan

A) estomas.
B) ósculo.
C) cámaras subestomáticas.
D) células guardas.
E) células oclusivas.

15. Lípido que cubre la epidermis de hojas o tallos evitando la deshidratación de las plantas xerófitas.

A) suberina
B) lecitina
C) lignina
D) cutina
E) calosa

16. El felógeno da origen al

A) xilema.
B) floema.
C) súber o corcho.
D) cámbium vascular.
E) parénquima vascular.

17. El parénquima aerífero caracteriza a las plantas

A) xerófitas.
B) hidrófitas.
C) mesófitas.
D) heliófitas.
E) esciófilas.

18. Tejido presente en cáscaras semillas de monocotiledóneas.

A) episperma
B) parénquima
C) clorénquima
D) esclerénquima
E) endospermo

Lumbreras Editores

19. Parte interna impregnada de taninos en tallos leñosos con función mecánica.

A) clorénquima
B) duramen
C) colénquima
D) parénquima acuífero
E) floema

20. El crecimiento en grosor de los tallos leñosos se debe principalmente al

A) cámbium vascular.
B) meristema apical.
C) cono vegetativo.
D) cámbium suberógeno.
E) meristema primario.

21. Es el tejido vegetal que garantiza la función primaria de la hoja.

A) parénquima amiláceo
B) parénquima incoloro
C) parénquima asimilador
D) parénquima acuífero
E) parénquima aerífero

22. Tejidos vegetales formados por células muertas.

A) colénquima, xilema, súber
B) súber, xilema, parénquima
C) esclerénquima, duramen, súber
D) esclereidas, colénquima, súber
E) floema, epidermis, súber

23. Es un tipo de meristemo secundario.

A) pericicio
B) parénquima
C) esclerénquima
D) endospermo
E) cámbium vascular

24. Son células que participan en el transporte de azúcares a todos los órganos de la planta.

A) tráquea
B) traqueida
C) célula cribosa
D) célula oclusiva
E) célula de paso

Lumbreras Editores

JOHNNY RODOLFO CÁCERES ROJAS

CAPÍTULO XI

CORMO VEGETAL

Objetivos

- Conocer las características de los órganos vegetales.
- Identificar los órganos vegetales y sus diversas modificaciones.
- Comprender las distintas adaptaciones evolutivas de los organismos vegetales.

Introducción

Las plantas cormofitas son los vegetales que se adaptaron eficazmente en el medio terrestre y por ello desarrollaron una organización llamada el cormo. En su estructura se diferencia la raíz, el tallo y las hojas. A través del proceso evolutivo el cormo se ha ido adaptando al nuevo ambiente terrestre, en donde el principal factor limitante es el agua.

Es así que la raíz se encarga de la absorción de los nutrientes inorgánicos; el tallo desarrolló un sistema vascular eficaz en el transporte de la savia; y las hojas se especializaron en el proceso fotosintético que permitió la elaboración de sus moléculas orgánicas necesarias para su ciclo vital.

El cuerpo de la planta o cormo constituye el arquetipo estructural de las plantas superiores. Es definido como un eje bipolar que lleva ramificaciones, se origina de la semilla, que contiene una planta embrionaria encerrada y protegida dentro de una cubierta seminal y provista de sustancias de reserva, ya sea en los cotiledones del embrión o fuera de este en el endospermo. La planta embrionaria presenta una raíz o radícula y un tallo con uno o dos cotiledones u hojas germinales. En el extremo del tallo y de la raíz se encuentran los tejidos meristemáticos que se encargan de la proliferación celular seguidos por la diferenciación y crecimiento de estas células. Los órganos de los vegetales se componen de tejidos o grupos de células que realizan actividades específicas.

El tejido vascular lignificado permitió a las plantas cormofitas crecer a alturas mayores y sus tallos se hicieron suficientemente fuertes como para evitar la inclinación y la caída, y podían transportar agua y minerales a grandes alturas por encima del suelo. Además, proporcionó por debajo del suelo el desarrollo de las raíces y así la eficiencia en la absorción de agua y nutrientes del suelo.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

1▸ Estructura

El cuerpo de una planta está conformado por dos sistemas fundamentales: la aérea o vástago y el otro subterráneo o radicular. La porción aérea incluye órganos como las hojas, el tallo y las flores. La porción radicular incluye aquellas partes de la planta que se encuentran debajo del suelo como las raíces y tallos modificados: tubérculos, rizomas y bulbos.

Cada planta crece típicamente en dos ambientes distintos: en el suelo, oscuro y húmedo, y en el aire, relativamente seco e iluminado; las plantas tienen tanto raíces como parte aérea porque necesitan recursos de ambos ambientes. De este modo, las raíces se ramifican extensamente en el suelo hasta formar una red que ancla la planta con firmeza en su lugar y absorbe agua y minerales disueltos en el suelo. Las hojas, órganos aplanados, están en el que se realiza la fotosíntesis, fijas de manera más o menos regular en el tallo para capturar la luz del sol y absorber el CO_2 atmosférico necesario para la fotosíntesis.

El sistema del vástago está constituido por el tallo, hojas, flores y frutos.

▸

Representa una estructura importante en la planta ubicada generalmente debajo del suelo; presenta geotropismo e hidrotropismo positivos, sus funciones son las siguientes:

- La fijación al suelo, como habrá comprobado cualquiera que alguna vez halla arrancado una planta del suelo, las raíces anclan con firmeza la planta al suelo.
- La absorción del suelo de agua y las sales minerales disueltas, como nitratos, fosfatos y sulfatos necesarios para la síntesis de importantes moléculas orgánicas.
- El almacenamiento de almidón o sacarosa, como estrategia para poder sobrevivir ante condiciones ambientales desfavorables (sequías, heladas, insolación y carencia de nutrientes en el suelo).

2.1. ORIGEN Y COMPONENTES

El sistema radicular se desarrolla a partir de la radícula o raíz embrionaria, cuando la semilla inicia el proceso de germinación y a lo largo de su crecimiento formará generalmente la raíz primaria, raíces secundarias o laterales, los tricomas y la cofia. La raíz primaria es la que constituye el eje central del anclaje, mientras que las raíces secundarias proporcionan la estabilidad y la firmeza, evitando el tumbado en las plantas. Los tricomas o pelos radiculares son extensiones de corta duración de células epidérmicas individuales adyacentes a la punta de la raíz en crecimiento. Participan en el 80% de la absorción del agua y las sales minerales.

La cofia o caliptra es una estructura protectora del tejido meristemático formado por células en constante división mitótica. Además, el meristema por su alta actividad metabólica genera la liberación de CO_2 que al reaccionar con el agua del medio formara el ácido carbónico, sustancia que ablanda el suelo facilitando la penetración de la raíz al suelo.

2.2. ESTRUCTURA EXTERNA

La raíz comprende dos partes: el cuello y el cuerpo. El cuello corresponde a la región en donde se une al tallo y el cuerpo corresponde a la raíz propiamente dicha. En esta última podemos distinguir cuatro zonas de desarrollo:

2.2.1. Zona pericipal o adulta

Región inmediatamente debajo del cuello; es en esta zona en donde se desarrollan las raíces secundarias.

2.2.2. Zona pilífera

Región que presenta los pelos absorbentes o tricomas responsables de la absorción de los nutrientes inorgánicos como el agua y las sales minerales.

2.2.3. Zona de elongación

Región a partir de la cual se produce el crecimiento de la raíz, aquí ocurre el alargamiento de las células vegetales, lo que permite una mayor extensión de la raíz.

2.2.4. Zona meristemática

Región de alta actividad de división mitótica, permitiendo el crecimiento apical. Está protegida por la cofia o piloriza.

Zonas de la raíz

Cuatro zonas de desarrollo: adulta, pilífera, de elongación y la meristemática.

2.3. MODIFICACIONES

Las raíces en función de la adaptación al medio han desarrollado modificaciones que les permiten desarrollarse en diferentes medios, así tenemos los siguientes:

2.3.1. Pivotantes o axonomorfa

Es la raíz principal o típica de la mayoría de las plantas. Esta raíz se divide en las raíces secundarias o laterales. Ejemplo: en la espinaca, tomate, papa.

2.3.2. Fibrosas o fasciculadas

Son aquellas raíces en donde no existe la raíz primaria, a partir de la base del tallo se forman varias raíces que van a ser todas iguales. Ejemplo: en el maíz, el trigo, etcétera.

2.3.3. Tuberosas

Son raíces reservantes de almidón. Ejemplo: la yuca, el camote.

2.3.4. Fulcreas

Son raíces accesorias que emergen de la base del tallo y penetran el suelo, brindando estabilidad a la planta. Ejemplo: en el maíz.

2.3.5. Adventicias

Emergen de órganos diferentes a la raíz, como es el caso del tallo, hojas. Ejemplo: en los ficus.

Lumbreras Editores

2.3.5. Neumatóforos

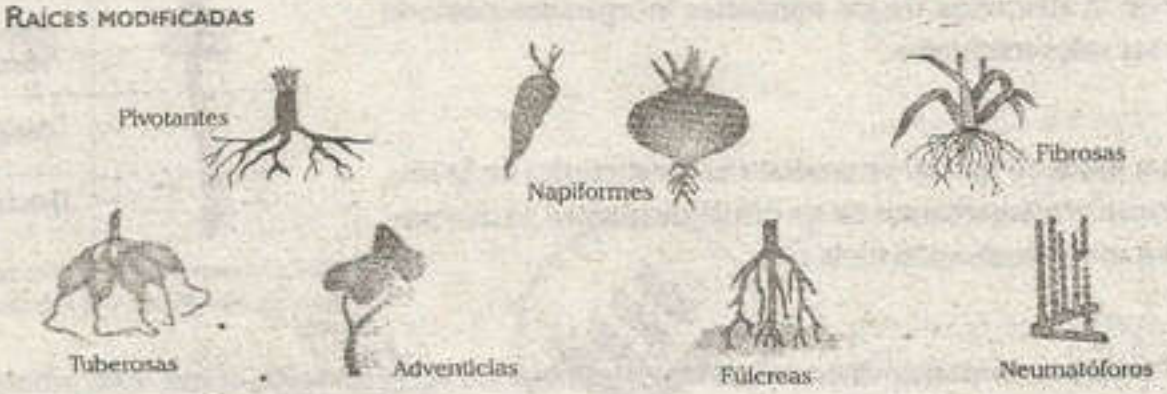
Se encuentran en plantas que viven en terrenos con suelos mal aireados (zonas pantanosas). Debido a esto las raíces no se pueden oxigenar y ante esta dificultad las raíces neumatóforas salen a la parte aérea a captar oxígeno.

2.3.7. Haustorios

Son raíces de plantas parasitas y que penetran en los tejidos de otras plantas para absorber desde allí los nutrientes. Ejemplo: la cúscuta.

2.3.8. Napiformes

La raíz principal se encuentra engrosada por acumulación de sustancias de reserva, sobre todo agua y azúcares. Ejemplo: la zanahoria, la beterraga.

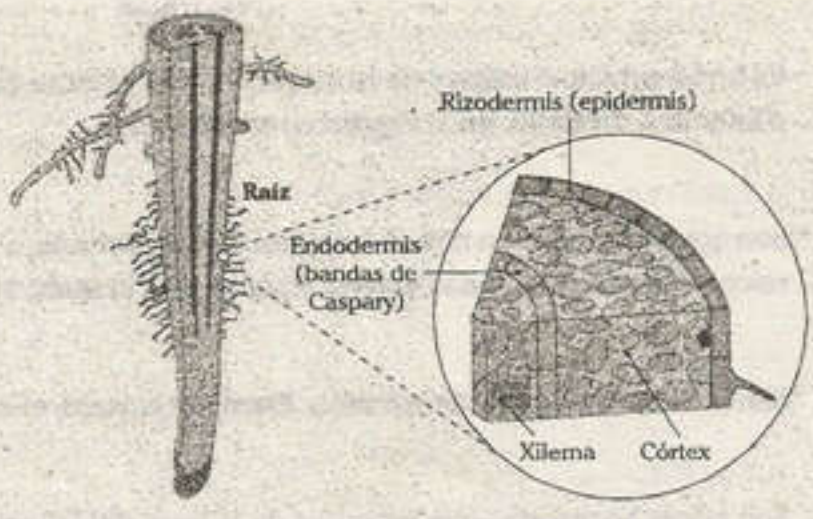


2.4. ESTRUCTURA INTERNA

Al hacer un corte de una región de la raíz joven, ubicaremos de afuera hacia dentro: la rizodermis con pelos radiculares, córtex, endodermis, periciclo, tejidos vasculares radicales.

2.4.1. Rizodermis

Es un tejido tegumentario, denominado epidermis de la raíz; este tipo de tejido está ubicado en la periferie radicular y tiene por función la protección de las zonas jóvenes, las extensiones de sus células son los tricomas o pelos absorbentes, a través de ellos ingresarán el agua y los minerales disueltos. La epidermis radical no secreta la cera protectora cutina, como ocurre en la epidermis aérea.



La rizodermis protege las zonas jóvenes de la raíz, carece de cutina.

2.4.2. Córtex

Es la región comprendida entre la rizodermis y la endodermis, está constituida principalmente por tejidos parenquimáticos de reserva.

2.4.3. Endodermis

Es la capa interna del córtex, tiene por función regular el paso del agua y minerales que ingresan al xilema en el interior de la raíz; sus células endodérmicas o de paso están estrechamente empacadas entre sí y cada una tiene una región espacial en forma de franjas en su pared celular llamada bandas de Caspary; si se compara la endodermis con un cilindro formado por ladrillos, las células endodérmicas corresponden a los ladrillos y las bandas de Caspary al mortero entre ellos. La banda de Caspary contiene suberina, una sustancia grasosa impermeable al agua.

2.4.4. Xilema radical

Transporta el agua y los minerales desde la raíz hacia la parte aérea de la planta.

2.4.5. Periciclo

Está formado por células parenquimatosas que conservan propiedades meristemáticas, y dan origen a las raíces laterales o ramificantes. Las raíces laterales se forman cuando las células de una porción del periciclo comienzan a dividirse y al crecer las raíces laterales irrumpen a través de varias capas del tejido radical (endodermis, parénquima y epidermis) antes de entrar en contacto con el suelo.

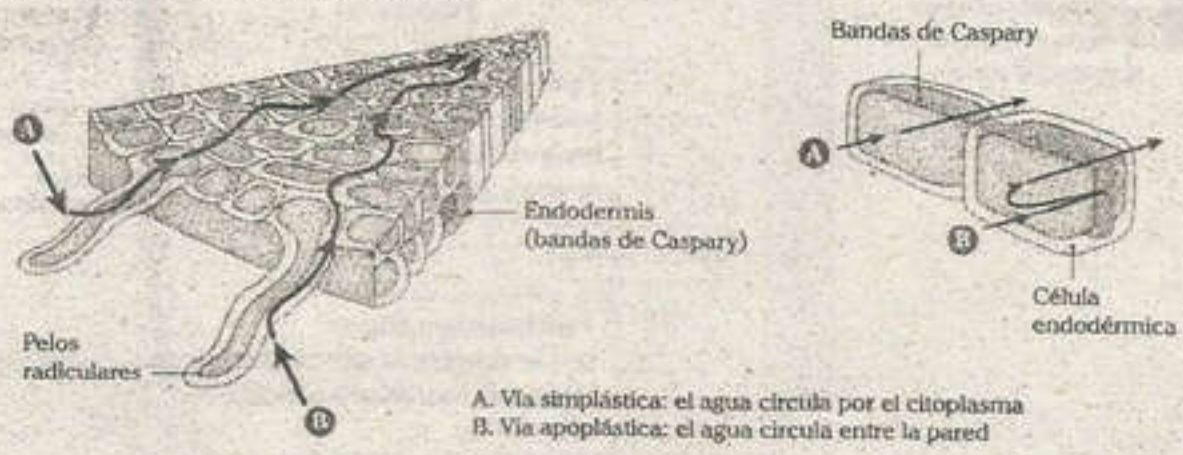
2.5. CIRCULACIÓN DEL AGUA Y MINERALES A TRAVÉS DE LA RAÍZ

El agua y los minerales que ingresan desde la epidermis radical, atraviesan el córtex y la endodermis hasta llegar al xilema radical. Las sustancias se desplazan en solución en dos rutas: la apoplástica y la simplástica.

La apoplástica pasa por las paredes celulares porosas interconectadas, mientras que la simplástica va del citoplasma de una célula a las siguientes a través de los plasmodesmos; sin embargo, al llegar a la endodermis el agua pasa por ósmosis sólo a través de las células endodérmicas, ya que las paredes con bandas de suberina (bandas de Caspary) impiden su paso a través de ella. Por lo tanto, la vía simplástica es la ruta a nivel de la endodermis que permite el paso del agua.

Los iones disueltos ingresan a las células endodérmicas a través de proteínas de membrana por transporte activo, en este caso los iones se desplazan en contra de la gradiente de concentración.

CIRCULACIÓN DEL AGUA A TRAVÉS DE LA RAÍZ



A. Vía simplástica: el agua circula por el citoplasma
B. Vía apoplástica: el agua circula entre la pared

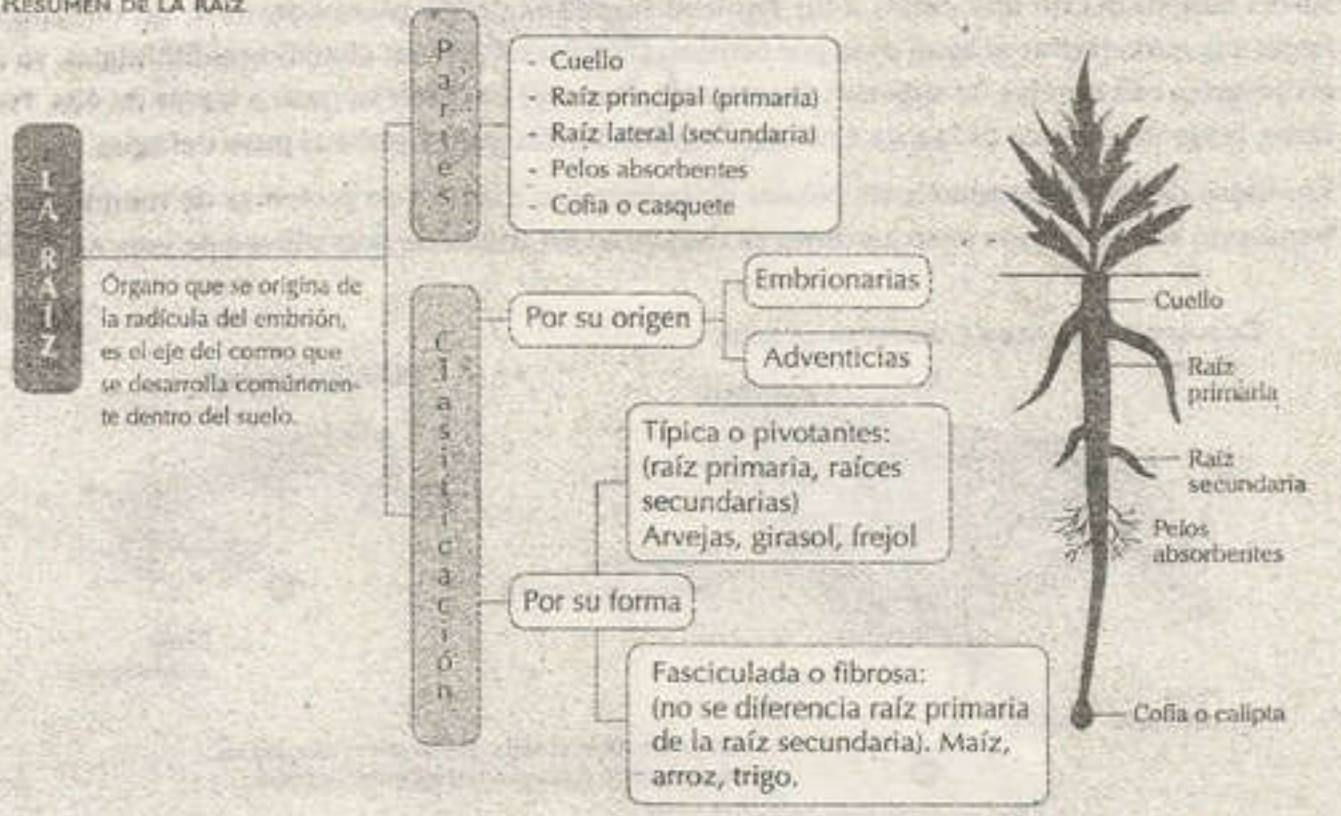
Son órganos formados por la raíz de una planta y el micelio de un hongo. Funcionan como un sistema de absorción que se extiende por el suelo y es capaz de proporcionar agua y nutrientes a la planta y protegerla de algunas enfermedades. El hongo por su parte recibe de la planta azúcares provenientes de la fotosíntesis. Existen miles de especies de hongos micorrícicos que forman esta simbiosis con los árboles.

Algunos hongos desarrollan un micelio que forma un auténtico manto de hifas tabicadas que rodea la raíz. El desarrollo del hongo dentro del córtex es intracelular, formando una verdadera retícula llamada red Harting.

También llamados vesículos arbusculares, las hifas atraviesan las paredes de las células de la raíz, es decir se da una penetración intracelular, aunque no llegan a penetrar la membrana celular.

Las asociaciones micorriciticas se establecen sobre casi todas las plantas vasculares con algunas excepciones como las familias crucíferas, cariofiláceas, queñopodiacias, ciperáceas y juncáceas.

RESUMEN DE LA RAÍZ



3. TALLO

Es el órgano alargado, ramificado en muchos casos, crece en sentido contrario a la raíz. Generalmente está ubicado en la parte aérea, formando parte del sistema del vástago. Es llamado también eje caulinar, proporciona el soporte necesario a las hojas. Es el órgano que participa en mayor medida en la reproducción asexual. Adopta la forma cilíndrica y generalmente ramifica mucho. Las ramificaciones en el tallo se originan en las yemas axilares, es decir, tienen origen exógeno. Además presenta fototropismo positivo y geotropismo negativo.

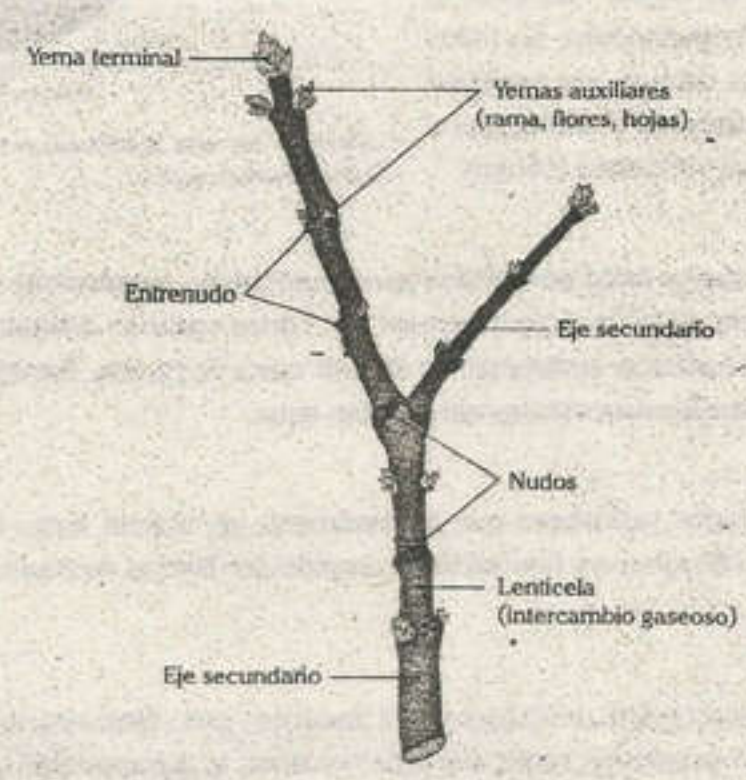
3.1. FUNCIONES

- Brindar sostén a otros órganos aéreos: hojas, flores, frutos.
- Transportar la savia a lo largo de la planta. Esto quiere decir que es una vía de circulación del agua, sales minerales, sacarosa, hormonas y otros metabolitos.
- Almacenar almidón (tallos reservantes).
- Realizar fotosíntesis en tallos herbáceos y cactáceas.

3.2. ORIGEN Y ESTRUCTURA EXTERNA

El tallo tiene su origen en el embrión, específicamente en el epicotilo que durante la germinación origina a la plúmula de la cual surgen el tallo y las hojas.

Su estructura está constituida por un tallo eje principal y tallos ejes secundarios que conforman la ramificación, además presenta nudos, entrenudos, lenticelas y yemas.



El tallo presenta un eje principal y ejes secundarios que conforman la ramificación.

3.2.1. Nudos

Son estructuras engrosadas donde se desarrollan las yemas caulinares que dan origen a las ramas, las yemas florales que dan origen a las flores y la yemas foliares que dan origen a las hojas.

3.2.2. Entrenudos

Son segmentos intercalados entre los nudos, carecen de hojas y en su superficie se ubican las lenticelas.

3.2.3. Lenticelas

Son las aberturas en el tallo, realizan el intercambio gaseoso (CO_2–O_2).

3.2.4. Yemas

Son masas de células meristemáticas en constante división celular, generan las ramas, flores y hojas. Pueden ser de dos tipos: yemas apicales, ubicadas en la parte final del tallo, y yemas axilares, ubicadas a lo largo del tallo.

3.3. ESTRUCTURA INTERNA

El tallo, como la raíz, está constituido por tejidos distribuidos en la zona externa, el córtex, el sistema vascular y la médula.

3.3.1. Zona externa

Representada por tejidos protectores. En tallos herbáceos, la epidermis está revestida por una cutícula de cutina que evita la pérdida de agua por transpiración. En tallos leñosos, la peridermis que es un conjunto de tejidos vivos (felodermis), meristemático (cámbium suberógeno) y muertos (súber).

CORTE TRANSVERSAL DEL TALLO LEÑOSO

La peridermis está constituida por el súber, felodermis y el cámbium suberógeno.

3.3.2. Cortex

Está constituido en su mayor parte por células parenquimáticas, usualmente se encuentran células colenquimáticas o esclerenquimáticas. El grosor del córtex varía en diferentes especies según la función del tallo y la condición ambiental en la cual crece la planta. Por ejemplo, las cactáceas almacenan agua, las xerofitas suculentas almacenan agua.

3.3.3. Sistema vascular

Está constituido por tejidos vasculares que generalmente se ubican luego del córtex, formando un cilindro discontinuo de xilema y floema interrumpido por franjas de parénquima denominados rayos medulares.

3.3.4. Medula

Esta zona ocupa la región central del tallo y está constituida por células parenquimáticas que pueden ser reservantes. La expansión radial del tallo ocasiona la desaparición gradual de la médula durante el crecimiento secundario. En algunas especies acuáticas la médula desaparece completamente dando origen a un tallo hueco o fistuloso.

3.4. MODIFICACIONES

Existen tallos que se han adaptado a diferentes condiciones ambientales, modificándose a diferentes tipos como:

3.4.1. Tubérculos

Reservan almidón, lo encontramos en la papa, la oca, el olluco.

3.4.2. Estolones

Son tallos rastreros aéreos que originan nuevas planta de forma asexual, lo tenemos en la fresa.

3.4.3. Filocladio

Son tallos verdes que tienen la apariencia de hojas engrosadas y, por lo mismo, realizan funciones como la fotosíntesis y la reserva de agua, por ejemplo la tuna y el cactus.

3.4.4. Espinas caulinares

Son cuerpos duros y puntiagudos que brindan protección; por ejemplo, en la rosa.

3.4.5. Zarcillos caulinares

Brindan soporte, sostén del tallo enrollándose en partes de la planta o en otros objetos que están alrededor del tallo, por ejemplo en la vid, la granadilla y el maracuya.

3.4.6. Rizoma

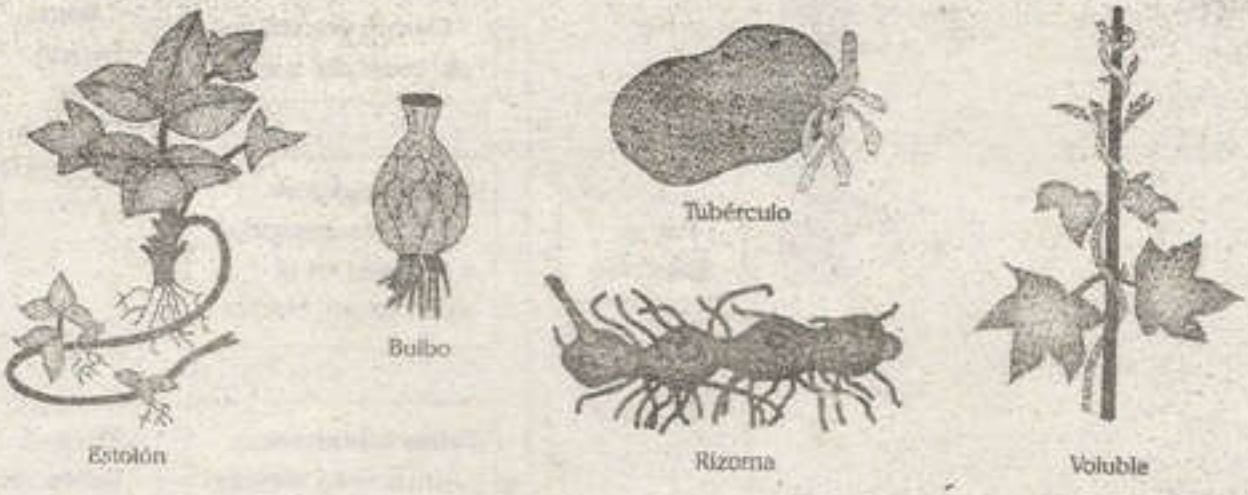
Son tallos rastreros subterráneos, por ejemplo el kion, el plátano, el carrizo y el helecho.

3.4.7. Voluble

Se enroscan a un soporte dando vueltas alrededor del tallo.

Lumbreras Editores

Diferentes tipos de tallos

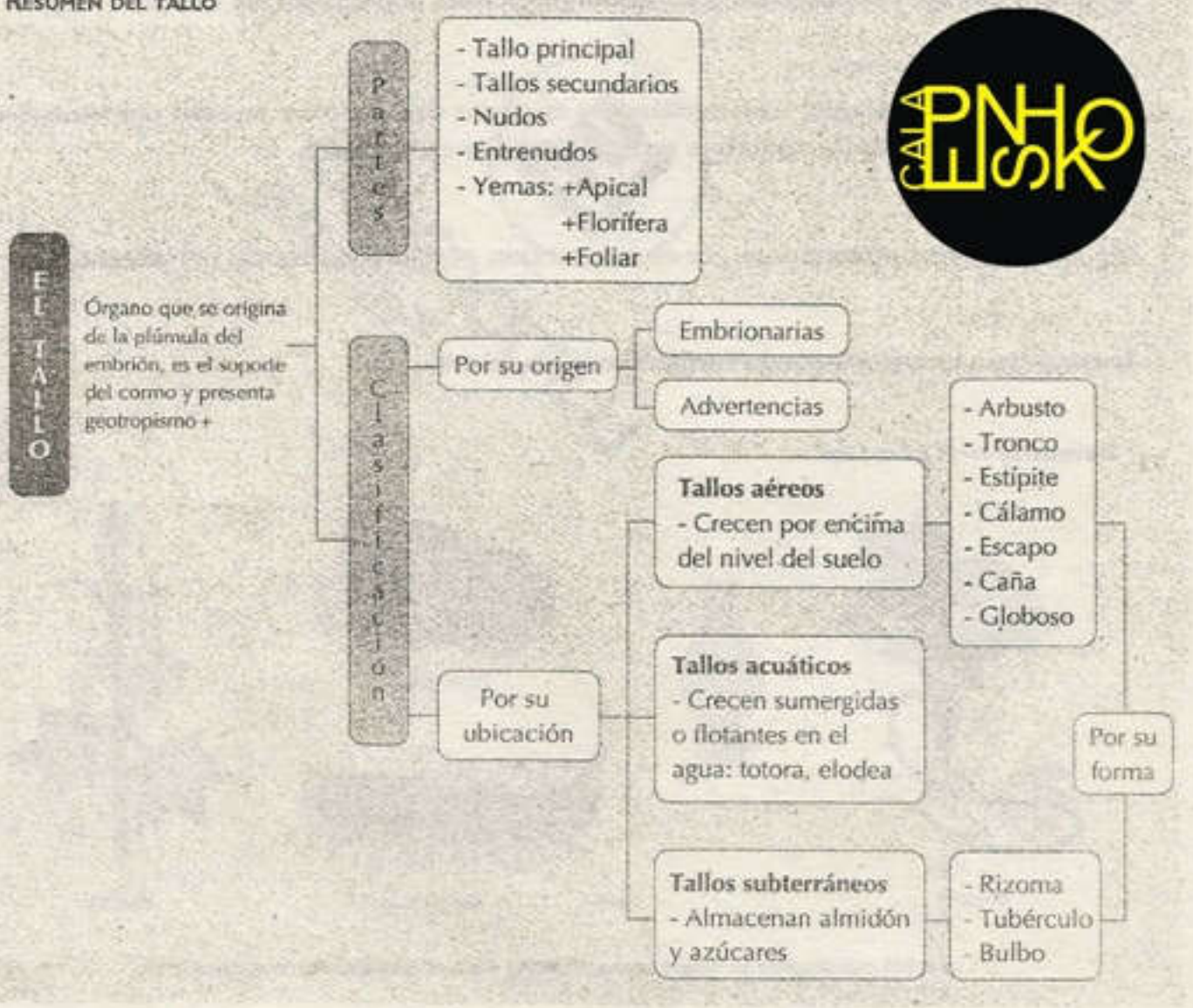


Los tallos modificados se desarrollan en función de la adaptación del medioambiente.

Diferencias entre raíz y tallo

	Raíz	Tallo
Sentido del crecimiento	Geotropismo	Fototropismo
Nudos, entrenudos, yemas	ausente	presente
Zona pilífera, cofia	presente	ausente
Origen del embrión (semilla)	De la radícula	De la plúmula o gémula
Funciones	Absorción de agua y sales	Soporte y transporte de la savia
Reserva de almidón	Raíces tuberosas: yuca, camote	Tallo tubérculo: papa, olluco, oca

Resumen del tallo



5. HOJA

Es un órgano que se origina a partir de las yemas foliares; la hoja y el tallo constituyen la unidad funcional denominada vástago. A pesar de que este órgano varía en estructura y función, se comporta fundamentalmente como un órgano fotosintético cuyo producto es la síntesis de compuestos orgánicos o fotosintatos. Su forma plana y delgada permite la máxima absorción de los rayos solares. Recibe la savia bruta desde el tallo y con la energía que capta de la luz solar la transforma en savia elaborada, es decir, acumula esa energía en forma de hidratos de carbono que abandonan la hoja hacia las zonas de uso o de reserva.

5.1. FUNCIONES

- Órgano especializado en la fotosíntesis.
- Participa en el intercambio gaseoso (O_2 - CO_2).
- Regula la transpiración.

5.2. ESTRUCTURA EXTERNA

Al estudiar la estructura externa de una hoja podemos observar la siguiente presencia:

5.2.1. Peciolo

Es denominado el tallo de la hoja y puede ser largo como en el caso del apio, el peciolo brinda el sostén y sirve de unión de la hoja con el tallo.

5.2.2. Nervadura

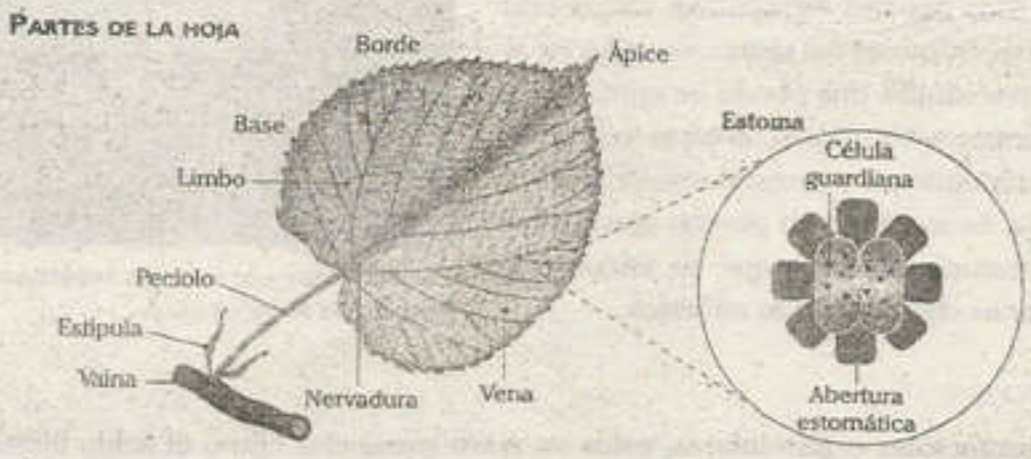
Es un conjunto de haces vasculares y tejido de sostén, es de forma ramificada en las dicotiledóneas y paralelinervadas en las monocotiledóneas.

5.2.3. Limbo

Es el área foliar extensa y delgada sostenida por una red de nervaduras. Se encarga de la absorción de la luz para el proceso fotosintético. Además en ella se pueden localizar los estomas, hidátodos o tricomas.

5.2.4. Vaina

Es una estructura ensanchada y formada principalmente por tejido colenquimático y ayuda al soporte y la inserción de la hoja a los ejes principales o secundarios del tallo.



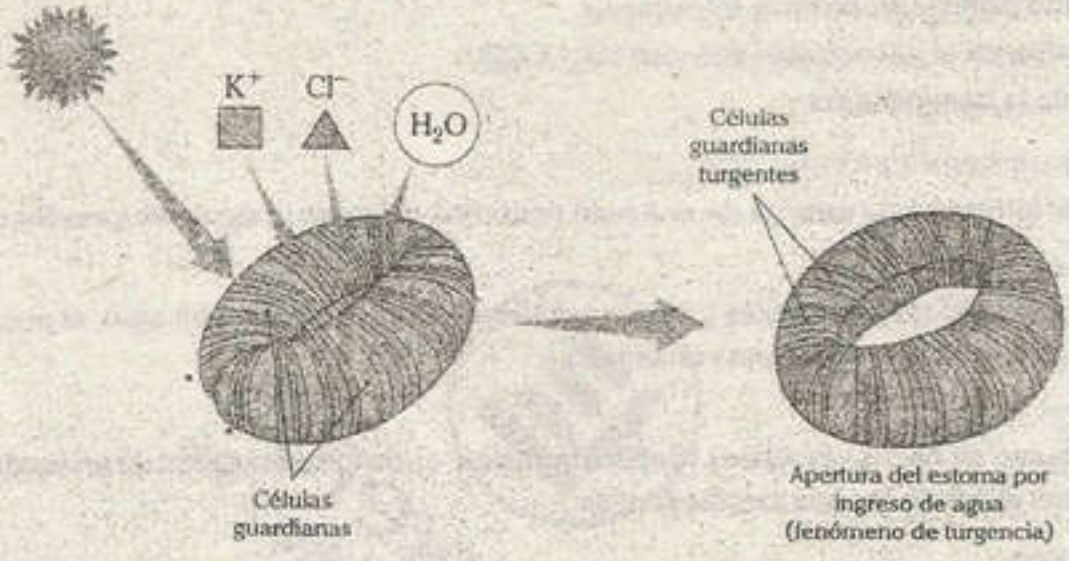
Los estomas son aberturas ubicadas en las hojas y participan en el intercambio gaseoso.

Lumbreras Editores

5.2.5. Estomas

Participan en el intercambio gaseoso y la transpiración, están formadas por dos células oclusivas o guardianas y aberturas denominadas ostiolos. Los estomas al captar la luz y realizar la fotosíntesis activan el ingreso de solutos (Cl y K) con gasto energético. Esto desencadena el ingreso del agua a las células oclusivas provocando el fenómeno de la turgencia y, en consecuencia, se realiza la apertura del estoma. El cierre del estoma se debe a la salida de solutos y la disminución de la sacarosa.

FUNCIONAMIENTO DE UN ESTOMA



5.2.6. Hidátodos

Son estomas modificadas que excretan agua líquida en las primeras horas del día. Este proceso es denominado la gutación. Esta agua proviene directamente desde el xilema. Los hidátodos están formados por tres estructuras: varios estomas acuíferos, tráqueas del sistema conductor xilemático y por células que ponen en contacto los dos componentes anteriores, a estas células se les denomina epitema y probablemente derivan del mesófilo. Se localizan en plantas que apenas presentan transpiración, porque se encuentran en condiciones climatológicas adversas.

Los hidátodos son estomas modificados que excretan agua líquida en las mañanas.

5.2.7. Tricomas

Son pelos protectores o glandulares, estos secretan sustancias como el ácido fórmico que es un mecanismo de defensa en el caso de la ortiga.

5.3. ESTRUCTURA INTERNA DE LA HOJA

La hoja desde afuera hacia el interior está constituida por:

5.3.1. Epidermis

Tejido protector no fotosintético pero con capacidad de producir cutina (cera protectora), presenta a los estomas, hidátodos y tricomas.

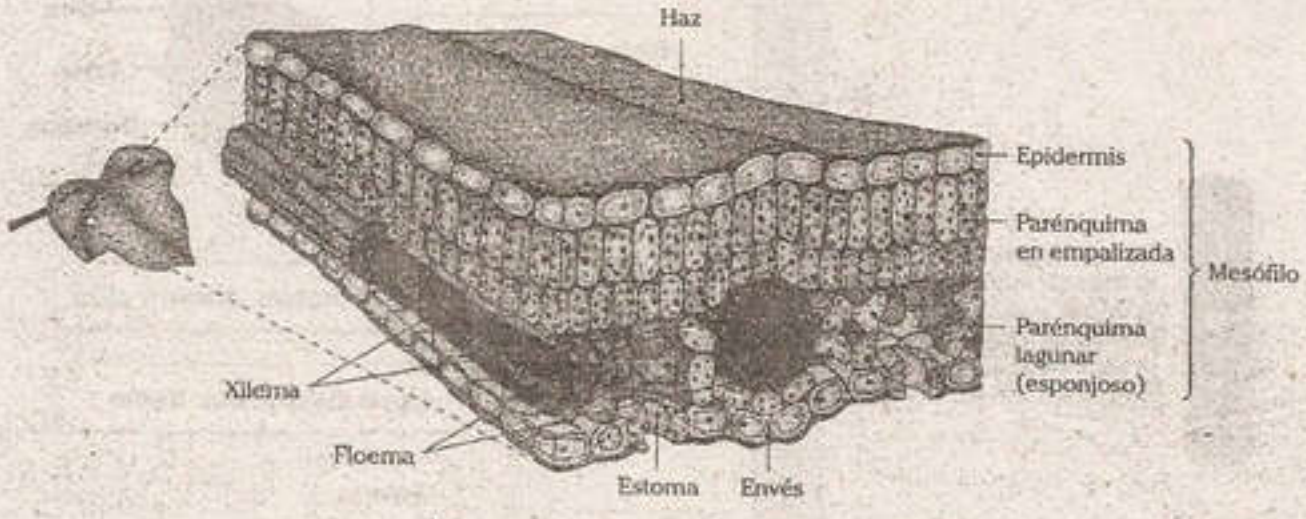
5.3.2. Parénquima

Tejido que se encarga de la fotosíntesis y el almacenamiento transitorio del almidón. La zona donde se ubica se denomina el mesófilo de la hoja.

Se divide en parénquima en palizada con células en forma de columna apiñada una tras otra, en donde es más eficiente la fijación de la luz y la fotosíntesis; mientras que en el parénquima esponjoso o lagunar sus células están dispuestas en forma irregular con espacios donde se difunde el aire con CO_2 dentro de la hoja.

5.3.3. Haces vasculares

También llamados las nervaduras de las hojas. Se encargan del transporte de la sabia bruta u orgánica. Están rodeadas por una o más capas de células avasculares que constituyen la vaina del haz que se extiende por toda la epidermis del haz o envés.



La zona fotosintética se ubica en el mesófilo de la hoja conformado por el tejido parenquimático clorofiliano (empalizada y esponjoso).

5.4. MODIFICACIONES DE LAS HOJAS

Las hojas en función de la adaptación al medio se pueden modificar en:

5.4.1. Catafilas

Hojas modificadas a menudo incoloras presentes en los ajos y la cebolla, reservan agua y crecen debajo del suelo.

Constituyen los verticilos de la flor: pétalos, sépalos, estambres y pistilo. Dan el nombre a ese grupo de plantas con flores denominadas antofitas.

Las observamos en las cactáceas como la tuna, que debido a las condiciones de falta de agua en su medio las hojas se han transformado en espinas protectoras.

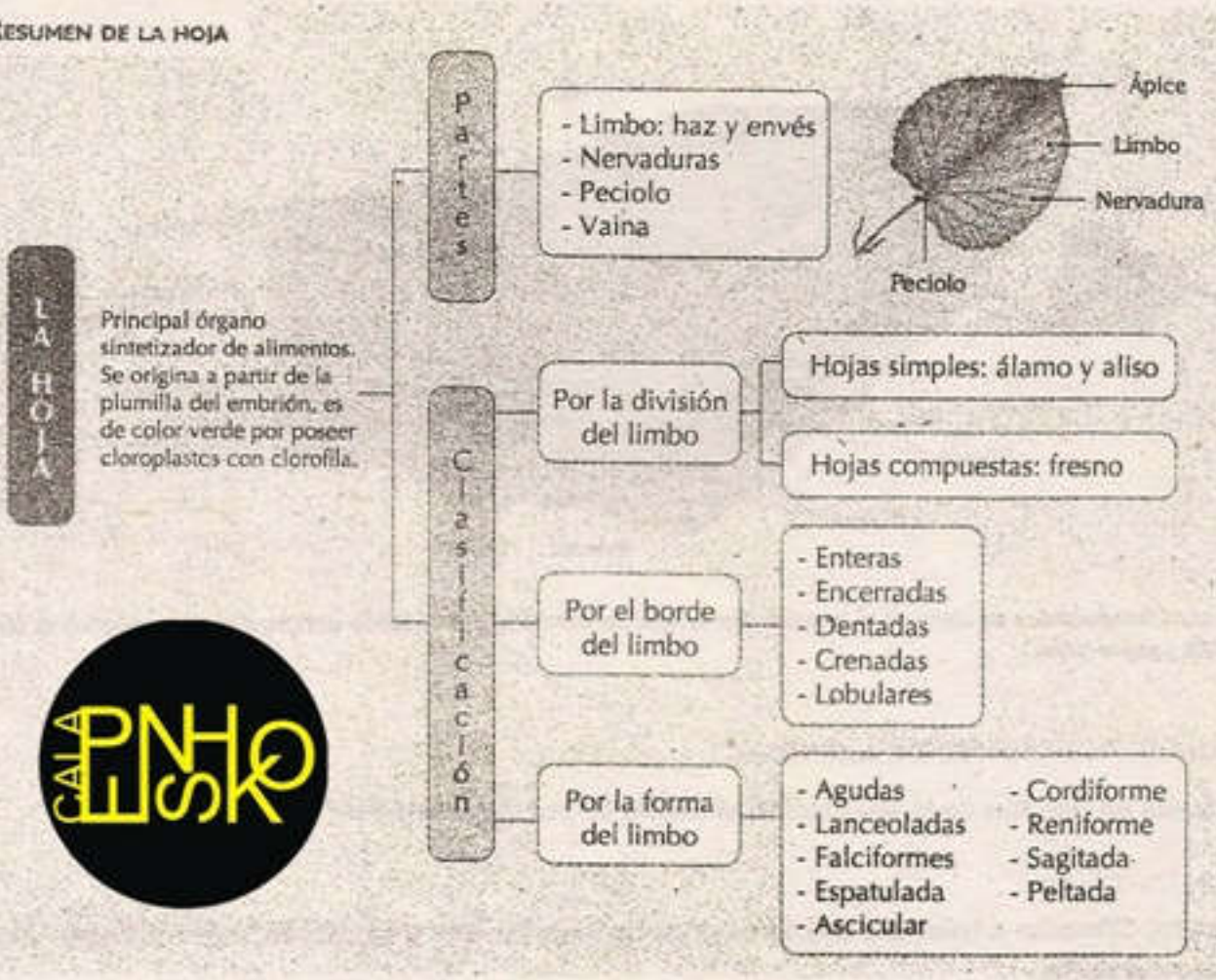
Brinda la estabilidad del tallo en algunas plantas herbáceas. Ejemplo: en la arveja, la caigua.

Son las hojas propiamente dichas asociadas a las funciones de la fotosíntesis y la transpiración, forman el llamado follaje de las plantas.

Son hojas modificadas que aparecen a medida que se acerca la floración.

Son las primeras hojas que se desarrollan en el cuerpo de la planta.

Resumen de la hoja



5.4 SUCESIÓN FOLIAR

El término sucesión foliar se utiliza para hacer referencia a los distintos tipos de hojas que van apareciendo en las plantas a medida que estas se desarrollan, así tenemos:

5.4.1. Cotiledones

Son las primeras hojas que se desarrollan en el cuerpo de las plantas, están ubicadas en las semillas y es durante la germinación que aportan los nutrientes orgánicos necesarios para que se desarrolle la nueva planta. Ejemplo: el frejol tiene dos cotiledones y el maíz presenta un solo cotiledón.

5.4.2. Catafilos

Son hojas reducidas, a menudo incoloras, que aparecen en ciertas plántulas después de los cotiledones, además protegen las yemas subterráneas. Los catáfilos pueden desarrollarse considerablemente por la acumulación de sustancias de reserva. Ejemplo: ajos, cebolla.

5.4.3. Nomofilos

Son las hojas propiamente dichas asociadas a las funciones de la fotosíntesis y la transpiración, forman el llamado follaje de las plantas y en las especies que no forman catáfilos después de los cotiledones aparecen los nomófilos.

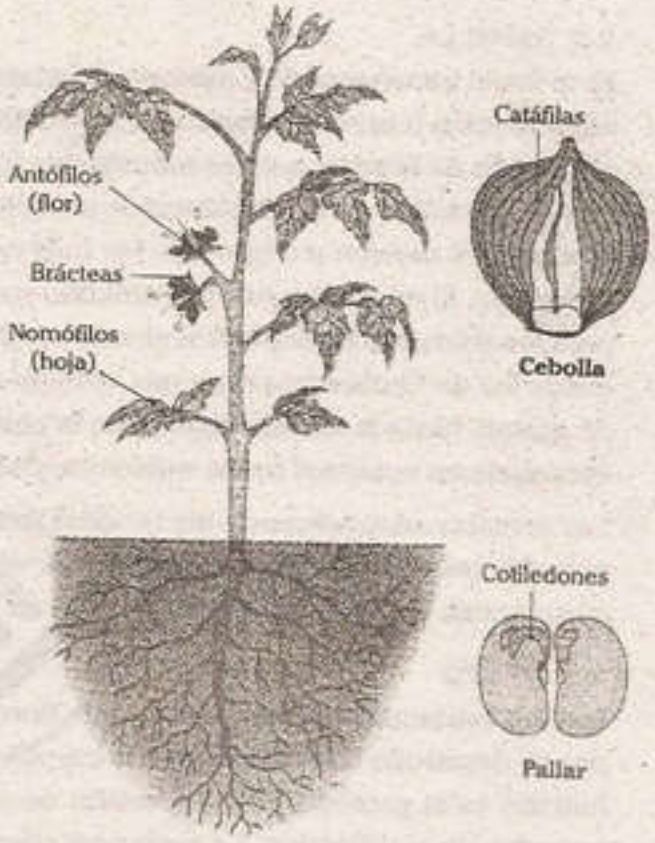
5.4.4. Hipsofilos

Son hojas modificadas que aparecen a medida que se acerca la floración y se conocen también como brácteas. Los hipsófilos pueden ser pequeños y de colores poco vistosos o grandes y de colores muy llamativos.

5.4.5. Anfitecios

Son las hojas modificadas que constituyen los verticilos florales y pueden ser estériles o fértiles. Ejemplo: sépalos, estambres.

SUCESIONES FOLIARES



Hojas modificadas que emergen en el desarrollo vegetal

6 OTROS ÓRGANOS EN LAS PLANTAS

6.1. FLOR

Son un conjunto de hojas agrupadas sobre ejes de crecimiento limitado, formando verticilos. Es el órgano de la reproducción en las plantas fanerógamas o angiospermas, y se ubican sobre una estructura llamada pedúnculo. La flor más grande es la de *Rafflesia arnoldii*, planta parásita de vitáceas del sur de Asia. La flor mide más de 1 m de diámetro y pesa más de 7 kg. Está unida al tallo por un eje, el pedúnculo floral, que se ensancha en su parte superior para formar el receptáculo en el que se insertan las piezas de los verticilos florales.

Desde el exterior hacia el interior, en una flor se distinguen los siguientes verticilos:

- **Cáliz.** Formado por los sépalos.
- **Corola.** Formada por los pétalos.
- **Androceo.** Formado por los estambres, donde se forma el polen.
- **Gineceo.** Formado por los carpelos, que albergan los óvulos.

6.2. SEMILLA

Es el óvulo transformado y maduro, después de la fecundación. Las semillas son importantes en la alimentación (cereal y leguminosa), en la fabricación de bebidas (café, chocolate, cerveza) y en la obtención de fibras y aceites industriales (algodón). La forma es variadísima, igual que la coloración. Las células de los tegumentos poseen diversos pigmentos que le dan el color característico. Los colores marrón y negro son los más comunes, aproximadamente el 50% de las semillas los presentan. El rojo, el blanco y el amarillo son menos frecuentes, y sirven como medio de atracción para los animales. La superficie puede ser lisa o diversamente esculturada. El tamaño varía mucho, desde las de *Orchidaceae* apenas visibles a simple vista y con un peso de unas pocas milésimas de gramo, hasta la semilla gigante de la palmera *Lodoicea seychellearum*, la "nuez de Seychelles", contenida en enormes frutos uniseminados de hasta 20 kilos de peso.

Las ventajas adaptativas de las semillas grandes versus las semillas pequeñas tienen relación con el ambiente. Por ejemplo, en la selva las semillas son grandes con suficiente reserva para asegurar a la plántula su establecimiento exitoso en un ambiente sombreado.

6.3. FRUTO

Son las estructuras de las plantas con flores (angiospermas), que se originan tras la fecundación por el desarrollo del ovario de los carpelos o pistilos y que contienen las semillas. Su principal función es la protección y dispersión de estas semillas. Existen muchos tipos de frutos y varias maneras de clasificarlos. La capa procedente de la transformación del ovario del carpelo o pistilo y que rodea a las semillas se denomina pericarpo. En muchos frutos se puede dividir a su vez en tres capas de fuera hacia adentro:

- **Exocarpo.** La capa más externa, de función protectora, a modo de epidermis, pero que puede estar muy transformada y adaptada para la dehiscencia o la dispersión del fruto. En los frutos con dispersión zoocora se pueden desarrollar pelos ganchudos o una cubierta pegajosa.
- **Mesocarpo.** La capa intermedia, normalmente la más desarrollada, en los frutos carnosos constituye frecuentemente la pulpa o carne del fruto.
- **Endocarpo.** La capa más interna, rodea directamente a las semillas, sirve a menudo para la protección de estas y, en algunos casos, puede ser muy dura y de consistencia pétrea formando el llamado hueso (pireno) en los frutos de tipo drupa.

Lumbreras Editores

Referencias bibliográficas

- RAVEN P. H.; EVERT R. F. y S. E. EICHHORN. *Biología de las plantas*. 2 vols. Ed. Reverté. 2004.
- STRASBURGER, E.; NOLL, F.; SCHENCK, H. y A. F. SCHIMPER. *Tratado de botánica*. Octava edición. Barcelona: Omega, 2004.
- TEILLIER A.; ZEPEDA F. y V. GARCÍA. *Biología básica*. Ediciones Marisa Cuneo, Santiago: 2001.

Plantas carnívoras

Las plantas carnívoras son los vegetales que se nutren parcialmente de animales, en especial de insectos, que capturan ellos mismos. La razón de tal comportamiento exótico es generalmente que estas plantas están adaptadas a vivir en ambientes muy pobres en nutrientes tales como turberas, humedales, pantanos ácidos y laderas de piedra caliza. Se estima que hay alrededor de 600 especies de plantas que cumplen esta característica. Casi todas crecen en donde el suelo es ácido y pobre en nitrógeno asimilable; en estas condiciones, capturar insectos es una forma de obtener compuestos nitrogenados sin necesidad de sintetizarlos. Al mismo tiempo, las hojas verdes de estas plantas fabrican hidratos de carbono. El mecanismo de captura ocupa un espacio pequeño, y por ello las presas son, casi inevitablemente, insectos diminutos.

Puesto simplemente, para ser carnívora una planta debe tener las siguientes tres características:

- Atraer a la presa (olor, color, néctar, etc.).
- Tener adaptaciones específicas para atrapar la presa (trampa de fosa, trampa bisagra, trampa del papel matamoscas, etc.).
- Tener adaptaciones para utilizar la presa (enzimas digestivas, hongos simbióticos, bacterias, etc.).

Hay muchas plantas que hacen algunas de estas cosas pero que no son las plantas carnívoras. Por ejemplo, las flores atraen los polinizadores (insectos, pájaros y otras criaturas); algunas plantas (orquídeas, gato en el púlpito y lirios de agua) atrapan temporalmente a los insectos polinizadores para asegurar transferencia del polen; las plantas tales como miembros del género surafricano *Roridula* atrapan y matan a insectos por sus resinas pegajosas (pero no digiere la presa); todas las plantas absorben los alimentos a través de sus raíces u hojas. Sin embargo, aunque estas plantas hacen algunas de las cosas de la misma forma que las plantas carnívoras, no satisfacen todos los criterios necesarios para calificar como plantas carnívoras. Solamente las plantas que atraen, capturan, matan y digieren a la presa son en verdad carnívoras.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

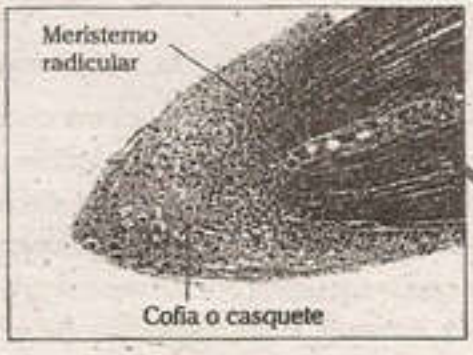
La raíz presenta una estructura protectora del meristemo llamada

A) la endodermis.
B) la rizodermis.
C) la caliptra.
D) la epidermis.
E) los tricomas.

Resolución

La raíz es un órgano que está protegida por el tegumento rizodermis o epidermis de la raíz; sin embargo, en la zona apical está protegida por la caliptra.

La caliptra, llamada también piloriza o cofia, es la capa protectora del meristemo o cono vegetativo, está ubicado en los ápices de las raíces, su función es evitar el daño del crecimiento mitótico del meristemo. La cofia está constituida por células con membranas duras y resistentes.



Clave C

Pregunta 2

Las raíces que emergen de órganos diferentes, caso tallo, hojas, se denominan

A) fúlcreas.
B) axonomorfas.
C) pivotantes.
D) adventicias.
E) tuberosas.

Resolución

Las raíces tienen por función la absorción de agua y solutos, pero con base en las necesidades de la planta se van especializando en otras funciones, modificándose con el objetivo de almacenar almidón, captar el O_2 del aire, brindarle mayor estabilidad a la planta, etc. Sin embargo, existen raíces que no se originan de la radícula del embrión sino que se desarrollan a partir del tallo o de la hoja, a estas raíces se les denomina adventicia, por ejemplo en el árbol de ficus.

Clave D

Pregunta 3

La estructura parenquimática que origina las raíces laterales se denomina

A) endodermis.
B) rizodermis.
C) peridermis.
D) pericicio.
E) epidermis.

Resolución

En la estructura interna de la raíz, al nivel del córtex, se localizan capas de células parenquimáticas como la endodermis, que regula el paso del agua al interior de la raíz y el pericicio de donde se originan las raíces laterales.

Clave D

Pregunta 4

En la siguiente relación, ¿qué producto vegetal no es una raíz reservante?

A) yuca
B) camote
C) zanahoria
D) nabo
E) cebolla

Lumbreras Editores

Resolución

Los productos vegetales sirven de alimento al hombre. Estas pueden ser raíces tuberosas de la yuca, el camote, la zanahoria y el nabo. Tallos tubérculos de la papa y olluco. Hojas catáfilos de la cebolla. Por lo tanto, no es raíz reservante la cebolla.

Clave E

Pregunta 5

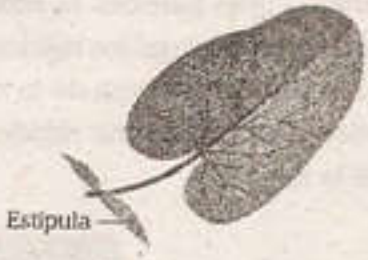
Son hojas modificadas que se localizan en la zona de inserción de la hoja en el tallo.

A) las escamas
B) las estípulas
C) los catáfilos
D) los carpelos
E) las espinas foliares

Resolución

Las yemas foliares al desarrollarse originan las hojas propiamente dichas o nomófilas, sin embargo, existen hojas modificadas que cumplirán funciones distintas como la protección, la estabilidad del tallo, reserva de aguas, formar al órgano floral, etc. Pero una de estas hojas modificadas son las estípulas.

Las estípulas son una especie de hojas diminutas que se encuentran en el punto en donde la base del peciolo de la hoja se une con la ramita. Son los restos de la envoltura que cubría la yema foliar antes de abrirse completamente.



Clave B

Pregunta 6

Determine qué tipos de raíces tienen el maíz y la cebolla.

A) tuberosa
B) axonomorfa
C) fasciculada
D) pivotantes
E) napiforme

Resolución

Las raíces suelen ser estructuras subterráneas, desempeñan varias funciones, una de ellas es la de fijación de la planta. Las mayoría de las plantas presentan una raíz de tipo pivotante, que asegura la fijación hacia la profundidad del suelo, y otras plantas como la cebolla y el maíz tienen raíces poco profundas denominadas fibrosas o fasciculadas. Una forma de diferenciarlas es que las raíces pivotantes tienen una raíz primaria y varias secundarias, mientras que en las raíces fibrosas todas son del mismo tamaño.

Clave C

Pregunta 7

¿A qué se llama gutación?

A) A las secreciones o exudados de la cofia de la raíz.
B) A la salida de gotas agua de los hidátodos de las hojas.
C) Al ingreso de CO_2 a través de los estomas de las hojas.
D) A la salida de vapor de agua de los estomas de las hojas.
E) Al ingreso de agua a través de los pelos radiculares.

Lumbreras Editores

Resolución

La gutación, fenómeno observable como pequeñas gotas de agua en la epidermis foliar, se produce cuando la planta está en condiciones que favorecen la absorción rápida de agua y minerales y una transpiración mínima, como sucede con las plantas que crecen en suelos húmedos durante la noche. Los iones minerales absorbidos de noche son bombeados al apoplasto que rodea a los elementos del xilema. Esta pérdida de solutos hace que disminuya el potencial agua en los elementos del xilema, generando un ingreso de agua desde las células circundantes. Al aumentar la presión dentro del xilema el agua es forzada eventualmente a salir a través de los hidatodos foliares.

Clave E

Pregunta 8

Identifica el término excluido con respecto a la clasificación de las hojas por el borde del limbo.

A) aserrada B) lobulada C) dentada
D) ovalada E) festonada

Resolución

Las hojas se pueden clasificar de la siguiente forma:

Clasificación	Tipos
Por la forma del limbo	Lanceada, ovalada, palmeada, acorazonada y lineal.
Por el borde del limbo	Entera, aserrada, lobulada, hendida y partida o festonadas.
Por las nervaciones	Penninervia, paralelinervia, peltada, palminervia y uninervia.

Las hojas por su borde de limbo pueden ser aserradas, lobuladas, dentadas y festonadas; y las hojas ovaladas se clasifican según la forma del limbo, por lo tanto el término excluido son las hojas ovaladas.

Clave D

Pregunta 9

Región protectora de la raíz formada por células rectangulares, de paredes celulares delgadas y que suelen carecer de cutícula.

A) córtex
B) endodermis
C) rizodermis
D) estela
E) pericicloo

Resolución

La rizodermis se presenta típicamente mono estratificada; sin embargo, puede tener varias capas, como ocurre en raíces aéreas de plantas epifitas.

La característica principal de la epidermis radical (rizodermis) es la presencia de pelos absorbentes, unicelulares, de paredes delgadas, que contribuyen a aumentar considerablemente la superficie de absorción de la raíz. La epidermis radical se daña fácilmente, por lo que es sustituida por las capas más externas del córtex, cuyas paredes se modifican con suberina, lo cual protege los tejidos internos de la raíz. La región protectora de la raíz que carece de cutícula se denomina rizodermis o epidermis de la raíz.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 10

Las raíces ..... de las plantas holoparásitas penetran en los tejidos de otras plantas y absorben los nutrientes de su huésped.

A) napiformes
B) haustorios
C) adherentes
D) pneumatoforos
E) tabulares

Resolución

Las plantas holoparásitas, como la cuscuta, han desarrollado raíces especializadas denominadas haustorios, estas raíces penetran a través de las lenticelas del tallo hasta llegar al xilema y floema, de donde absorben sus nutrientes como los azúcares que se sintetizaron en la planta anfitriona. Por lo tanto, las plantas parásitas presentan raíces modificadas haustorios.

Clave B

Pregunta 11

Los ..... son cuerpos duros y puntiagudos, la mayoría son proyecciones o partes modificadas de los tallos.

A) cladodios
B) filocladio
C) espinas caulinares
D) zarcillos caulinares
E) rizomas

Resolución

Algunas veces damos el nombre de espinas a estructuras que no lo son, un ejemplo de esto tenemos las estructuras del tallo del rosal, pero en realidad no son más que prolongaciones epidérmicas que asemejan pelos y estos son llamados aguijones. Por lo tanto, los tallos modificados puntiagudos se denominan espinas caulinares.

Clave C

Pregunta 12

El cormo de una planta típica se divide en dos grandes porciones: ..... y ..... .

A) raíz - hojas
B) raíz - tallo
C) tallo - hojas
D) vástago - raíz
E) tallo - vástago

Resolución

El cormo es la forma de organización del cuerpo de las plantas vasculares. Es una estructura diferenciada en tejidos que están organizados en dos órganos: raíz y vástago. El vástago normalmente puede diferenciarse en tallo y hojas. Cada órgano posee una función distinta: la raíz tiene la función de absorber agua y sales, el vástago tiene la función de fotosintetizar. Si el vástago está diferenciado en tallo y hojas, el tallo tiene la función de sostén. Un sistema de haces vasculares vincula a la raíz y el vástago, llevando el agua y las sales al vástago a través del xilema, y llevando los productos de la fotosíntesis a las raíces a través del floema.

Clave D

Pregunta 13

En una raíz el desarrollo longitudinal o alargamiento se da en región

A) de maduración.
B) suberosa.
C) desnuda.
D) pilífera.
E) adulta.

Resolución

La zona desnuda o alargamiento produce el crecimiento de la raíz, pues aquí ocurre la elongación de las células vegetales, lo que permite una mayor extensión de la raíz. En raíces aéreas de *Rizophora mangle* sobrepasa los 15 cm de longitud. La región desnuda es llamada también punto vegetativo.

Clave C

Pregunta 14

La Dionaea es una planta con hojas especiales que participan en la captura de insectos pequeños, a estas hojas se les denomina

A) proteofilas. B) afilos. C) zarcillos.
D) catafilas. E) hipsofilos.

Resolución

La parte externa de la hoja de las plantas pertenecientes al género Dionaea se modifica y se transforma en un cepo, a estas hojas se les llama proteofilas y está dividido en dos lóbulos provistos en los márgenes de espinas largas y agudas, en el interior posee células que segregan enzimas digestivas y entre estas dos zonas se encuentran células productoras de néctar. En el centro del limbo foliar hay unos pelos disparadores que activan el cepo; cuando un insecto u otro animal pequeño, atraído por el líquido dulce que exuda la planta, se posa en esta parte de la hoja, toca los pelos disparadores. Como respuesta, el limbo foliar se cierra en torno a la presa y las espinas de los bordes impiden que escape. Una vez digeridos los tejidos blandos por las glándulas de la hoja, esta se abre y tiende de nuevo su trampa.

Clave A

Pregunta 15

¿Qué son los tricomas o tricoblastos y en qué zona de la raíz se encuentran?

A) Son raíces laterales ubicadas en la región adulta.
B) Son pelos absorbentes ubicados en la cofia.
C) Son raíces aéreas ubicadas en el cuello de la raíz.
D) Son pelos radiculares ubicados en la región pilífera.
E) Son raíces secundarias ubicadas en el cuerpo de la raíz.

Resolución

Los tricomas son apéndices epidérmicos con diversa forma, estructura y función. Su nombre proviene del griego *trichos*, que significa cabellera.

Pueden estar en cualquier órgano de la planta, y persistir durante toda la vida de esos órganos o ser efímeros. Las células pueden permanecer vivas o perder el protoplasto; hay varios tipos de tricomas en la misma planta, y varían entre distintas especies. Son útiles en taxonomía, para caracterizar especies, géneros o a veces grupos más grandes. A nivel de la raíz participan en la absorción del agua y sales, y están ubicados en la zona pilífera.

Clave D

Pregunta 16

El androceo es el verticilo sexual masculino formado por

A) pétalos. B) estambres. C) sépalos.
D) pistilos. E) óvulos.

Lumbreras Editores

Resolución

Los estambres son las piezas que constituyen el androceo. Cada estambre está formado por antera y filamento. La antera es la parte fértil del estambre. Generalmente está formada por dos tecas. Las anteras se abren para liberar el polen, este proceso se denomina dehiscencia. El filamento es la parte estéril del estambre, puede ser muy largo, corto o faltar, en ese caso las anteras son sésiles. Generalmente es filiforme, pero puede ser grueso, incluso petaloide, y puede estar provisto de apéndices. En consecuencia, el verticilo androceo está formado por los estambres.

Clave: E

Pregunta 17

El parénquima cortical de la raíz se caracteriza por

A) estar constituido por un parénquima de reserva.
B) realizar la absorción de agua y hormonas.
C) desarrollar el transporte de la savia elaborada.
D) formar el alimento de las plantas vasculares.
E) regular la transpiración de iones y agua.

Resolución

El córtex o parénquima cortical es una región constituida por tejido parenquimático de reserva, con la acumulación de almidón u otros compuestos orgánicos; en algunas especies, las raíces están altamente especializadas para esta función. En ocasiones, la capa más externa del córtex suberiza sus paredes celulares, formando la exodermis, la cual puede llegar a cutinizarse o lignificarse. Dentro del parénquima cortical son frecuentes los espacios intercelulares que facilitan la circulación de gases. A diferencia del resto del parénquima cortical, las células de su capa más interna, la endodermis, son compactas y no presentan espacios intercelulares, y en sus paredes radiales y tangenciales se diferencia una banda de suberina, denominada banda de Caspary. La suberina es una sustancia lipídica que condiciona que esta porción de la pared sea hidrofóbica y así previene el paso de agua y de solutos entre las paredes; por lo tanto, el agua y las sustancias disueltas se ven forzadas a pasar por las membranas plasmáticas de las células endodérmicas.

En consecuencia, la principal función es almacenar compuestos orgánicos como el almidón.

Clave: A

twitter.com/calapenshko

Preguntas propuestas

1. Marque verdadero (V) o falso (F) según corresponda sobre la raíz.

   La rizodermis es una capa protectora de la raíz recubierta por cutina. ( )

   Las bandas de Caspary impiden el paso del agua en la endodermis. ( )

   La vía simpástica es muy eficaz en el transporte del agua en la raíz. ( )

   La zona meristemática de la raíz absorbe agua y sales. ( )

   A) VVVF B) VFVF C) VFFV
   D) FVVV E) FVVF

2. ¿Qué función cumple la cofia?

   A) absorción de la sabia bruta
   B) reemplazar a los pelos absorventes
   C) realizar fotosíntesis
   D) formar a las raíces secundarias
   E) proteger el meristemo primario radicular

3. La hoja realiza la función de respiración a través de estructuras denominadas

   A) tricomas.
   B) pericíclo.
   C) estomas.
   D) lenticelas.
   E) parénquima.

4. Es la raíz principal o típica de la mayoría de las plantas.

   A) fúlcreas
   B) tuberosa
   C) axonomorfa
   D) velamen
   E) haustorios

5. Con respecto a los entrenudos podemos afirmar que

   A) se localizan en la raíz.
   B) forman las ramas.
   C) nacen en las hojas.
   D) son estructuras propias del tallo.
   E) dan lugar a la flor.

6. El tallo de las hojas se denomina

   A) limbo. B) nervadura.
   C) peciolo.
   D) pericíclo. E) espícula.

7. Mencione verdadero (V) o falso (F) según las sucesiones foliares.

   Los hipsófilos son hojas que se generan durante la floración. ( )

   Los cotiledones son las primeras hojas que aportan nutrientes en la germinación. ( )

   Las catáfilas son hojas modificadas incoloras que se encuentran en la cebolla. ( )

   Los antófilos son hojas modificadas que constituyen las partes de la flor. ( )

   A) VVFV B) VVVF C) FFVV
   D) VVVV E) FFFV

8. Señale cuál es la estructura que cumple la función de gutación.

   A) súber
   B) hidátodos
   C) lenticelas
   D) leño
   E) estomas

Lumbreras Editores

9. Dadas las siguientes premisas
   I. circulación de savia
   II. fijación de la planta
   III. crecimiento apical
   IV. soporte de órganos
   V. propagación vegetativa

   Identifica la(s) función(es) que no corresponde(n) al tallo.

   A) I y III B) solo V C) II y V
   D) IV y V E) solo II

10. Ubique la proposición correcta

   A) En las hojas, el mesófilo esponjoso tiene más cloroplastos que el mesófilo en empalizada.
   B) La zona suberificada de la raíz da permeabilidad a la porción del eje primario.
   C) El córtex del tallo está constituido por células muertas del xilema.
   D) El xilema de las hojas transporta azúcares que han sido absorbidos por la raíz.
   E) Las lenticelas son aberturas que permiten la entrada de aire al tallo.

11. El tallo corto y engrosado, generalmente subterráneo, que acumula sustancias de reserva es el

   A) esqueje. B) bulbo. C) estolón.
   D) tubérculo. E) rizoma.

12. La palmera y la fresa presentan formas especiales de tallos denominados

   A) filocladio y cálamo.
   B) cladodio y escapo.
   C) cálamo y escapo.
   D) estípite y estolón.
   E) estolón y cálamo.

13. Señale qué plantas presentan hojas modificadas en espinas.

   A) algarrobo, faique
   B) tuna, San Pedro
   C) algarrobo, tuna
   D) faique, San Pedro
   E) espárrago, fresa

14. Las partes de una hoja típica en las plantas angiosperma son

   A) limbo y pedúnculo.
   B) estambre y pistilo.
   C) limbo y pecíolo.
   D) limbo y cáliz.
   E) cáliz y corola.

15. La planta de fresa se reproduce vegetativamente por medio de ..... que son tallos horizontales ubicados sobre la tierra.

   A) rizomas
   B) tubérculos
   C) filocladios
   D) estolones
   E) bulbos

16. El término sucesión foliar se usa para hacer referencia a

   A) las partes que se desarrollan en la estructura de la hoja.
   B) los distintos tipos de hojas que van apareciendo en la planta.
   C) las funciones que cumplen las hojas durante la fotosíntesis.
   D) los cambios que sufre la hoja en su crecimiento.
   E) las aberturas que van formándose en el envés de la hoja.

Lumbreras Editores

17. Las raíces axonomorfas o pivotantes se caracterizan por

A) ser reservantes de polímeros como el almidón y las proteínas.
B) estar formadas por un eje central y ramificaciones secundarias.
C) ser accesorias que emergen de la base de las hojas y tallo.
D) desarrollar haustorios que salen del suelo a tomar O_2 de la parte aérea.
E) emerger de diferentes órganos vegetales.

18. Está formada por células parenquimatosas, que conservan propiedades meristemáticas y dan origen a raíces ramificantes.

A) la endodermis
B) la peridermis
C) la rizodermis
D) el pericicIo
E) el súber

19. Las estructuras formadas por raíces de una planta y las hifas de un hongo se denominan

A) bandas de Caspary.
B) micorrizas.
C) *Rhizobium*.
D) líquenes.
E) micelio.

20. La ..... es una masa de células meristemáticas que genera ramas, flores y hojas

A) lenticela
B) cofia
C) yema
D) nervadura
E) vaina

21. Señale cuáles son las plantas que presentan un tallo subterráneo rastrero denominado rizoma.

A) kion, cinta de novia y olluco
B) plátano, papa y vid
C) helecho, cactus y tuna
D) carrizo, plátano y helecho
E) fresa, oca y plátano

22. La estructura externa de la hoja que es extensa y delgada, y se encarga de la absorción de la luz para el proceso fotosintético es

A) la nervadura. B) el peciolo.
C) el limbo.
D) la vaina. E) el mesófilo.

23. Las hojas modificadas que constituyen los verticilos de la flor se denominan

A) catáfilas. B) antófilas.
C) hipsófilas.
D) embriofitas. E) cotiledones.

24. La epidermis es un tejido protector que

A) realiza la fotosíntesis.
B) secreta cera-cutina.
C) cubre los tallos leñosos.
D) almacena almidón.
E) transporta el agua.

25. Las hojas propiamente dichas asociadas a las funciones de la fotosíntesis y la transpiración se denominan

A) cotiledones.
B) hipsófilos.
C) antófilos.
D) nomófilos.
E) catáfilos.

Lumbreras Editores

JOHNNY RODOLFO CÁCERES ROJAS

CAPÍTULO XII

NUTRICIÓN VEGETAL

Objetivos

- Conocer el proceso de nutrición que se produce en los vegetales.
- Comprender las etapas del proceso de nutrición vegetal.
- Conocer las relaciones que existen entre la circulación, la respiración, la nutrición y la excreción que se desarrolla en las plantas.

Introducción

La función de nutrición es el proceso por el cual los seres vivos obtienen la materia y energía que necesitan para formar sus propias estructuras y realizar sus funciones vitales.

La energía que utilizan los seres vivos procede de la degradación de la materia orgánica, los animales no tienen más remedio que conseguir este tipo de la materia ya fabricada ingiriendo otros seres vivos; las plantas en cambio son auténticas fábricas de materia orgánica, les basta con ponerse al sol, captar del aire dióxido de carbono y absorber por las raíces agua y sales minerales.

En el proceso de nutrición de las plantas se distinguen las siguientes fases:

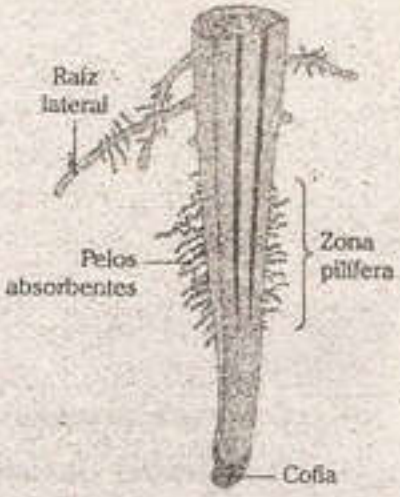
- Absorción y transporte de agua y sales minerales de la raíz hasta el xilema.
- Transporte de savia bruta por el xilema.
- Intercambio de gases en las hojas.
- Fotosíntesis.
- Transporte de la savia elaborada por el floema.
- Respiración celular.
- Excreción de los productos de desecho del metabolismo.

Por lo tanto, en este capítulo estudiaremos los mecanismos de transporte del agua y minerales, la síntesis de azúcares (sustancias orgánicas) a partir de moléculas inorgánicas, la distribución de las sustancias orgánicas y la eliminación de los desechos generados en los procesos metabólicos.

Lumbreras Editores

1 ▸ ABSORCIÓN Y TRANSPORTE DE AGUA Y SALES MINERALES DESDE LA RAÍZ HASTA EL XILEMA

El suelo está constituido por pequeñas partículas de roca y materia orgánica que albergan espacios rellenos de aire y de agua. Del suelo, las plantas extraen agua y sales minerales. Solamente los minerales que están disueltos en agua pueden entrar en la raíz.



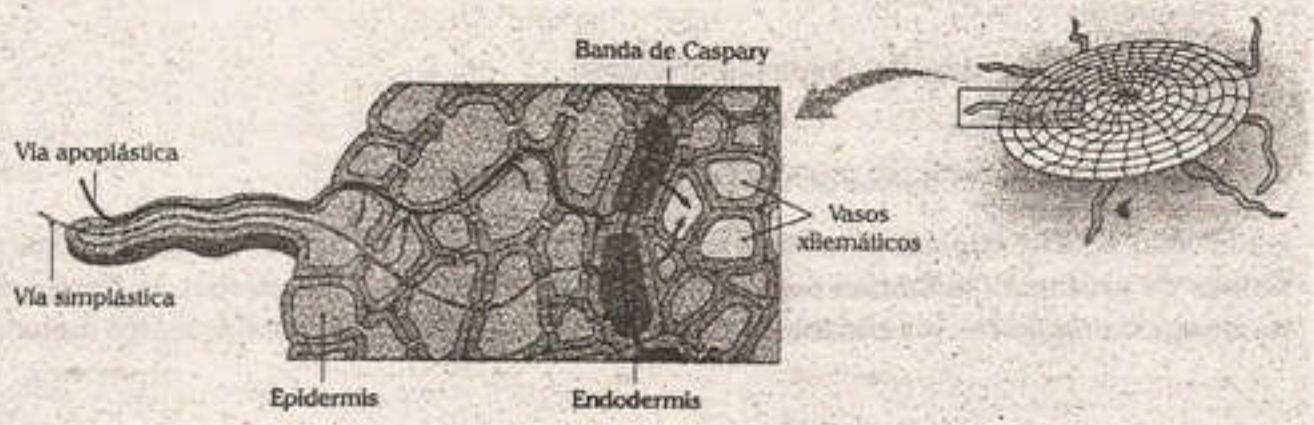
Estos nutrientes son absorbidos a través de unas células especializadas, llamadas pelos absorbentes, que se encuentran, fundamentalmente, en la zona pilífera de la raíz.

Los pelos radiculares son, en realidad, células epidérmicas especializadas que durante el proceso de diferenciación sufren una evaginación, que tiene como objetivo aumentar la superficie de absorción. Después, los nutrientes tienen que atravesar los distintos tejidos de la raíz hasta llegar al xilema que, a su vez, los conducirá hasta el aparato fotosintético de la planta.

El movimiento del agua y las sales minerales desde la epidermis de la raíz hasta el xilema del cilindro vascular puede seguir dos vías:

- **Una vía transcelular o simplástica**, es decir, pasando de célula a célula a través de los plasmodesmos. Como la concentración de sales minerales en el suelo es menor que la concentración de sales en el interior de la planta, su ingreso en las células se realiza por transporte activo, a través de unas proteínas transportadoras que se encuentran en las membranas celulares y supone un coste energético (ATP) para la planta. El agua penetra en el tejido de la raíz por ósmosis.
- **Una vía extracelular o apoplástica**, es decir, aprovechando los grandes espacios intercelulares existentes entre las células parenquimáticas del córtex de la raíz. Es probable que la mayor parte de agua y sales minerales aprovechen esta vía, sin embargo, al llegar a la endodermis (la capa interna del córtex), ambos caminos convergen, debido a que esta capa resulta infranqueable por la vía extracelular. Los espacios intercelulares de la endodermis están fuertemente sellados por la banda de Caspary, que es un cinturón de suberina (sustancia muy impermeable que envuelve las paredes radiales y transversales de la célula).

VÍAS APOPLÁSTICA Y SIMPLÁSTICA EN EL MOVIMIENTO DE AGUA



Los nutrientes necesarios por las plantas se clasifican en macronutrientes y micronutrientes.

Los macronutrientes se caracterizan por ser los más abundantes en las necesidades de las plantas, entre ellos tenemos al carbono, el hidrógeno, el oxígeno y al nitrógeno que constituyen el 90% de la materia seca, otros son el potasio, el calcio, el magnesio, el fósforo así como el azufre. Los tres primeros se encuentran en el aire y agua. El nitrógeno se asimila bajo la forma de ion nitrato, algunas bacterias lo asimilan del aire.

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible	Concentración en tejido seco (mg/kg)	Funciones
Hidrógeno	H	H_2O	60 000	El hidrógeno es necesario para la construcción de los azúcares y, por lo tanto, para el crecimiento. Procede del aire y del agua.
Carbono	C	CO_2	450 000	El carbono es el constituyente principal de las plantas. Se encuentra en el esqueleto de numerosas biomoléculas como el almidón o la celulosa. Se fija gracias a la fotosíntesis, a partir del dióxido de carbono procedente del aire, para formar hidratos del carbono que sirven como almacenamiento de energía a la planta.
Oxígeno	O	O_2, H_2O, CO_2	450 000	El oxígeno es necesario para la respiración celular, que son los mecanismos de producción de energía de las células. Se encuentra en otros componentes celulares. Procede del aire.
Nitrógeno	N	NO_3^-, NH_4^+	15 000	El nitrógeno es el componente de los aminoácidos, de los ácidos nucleicos, de los nucleótidos, de la clorofila y de las coenzimas.
Potasio	K	K^+	10 000	El potasio favorece la ósmosis, así como en la apertura y el cierre de los estomas; además activa numerosas enzimas.
Calcio	Ca	Ca^{2+}	5000	El calcio es un componente de la pared celular, cofactor de enzimas; interviene en la permeabilidad de las membranas celulares; componiendo la calmodulina, regulador de actividades enzimáticas y también de las membranas.

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible	Concentración en tejido seco (mg/kg)	Funciones
Magnesio	Mg	Mg^{2+}	2000	El magnesio es un componente de la clorofila; activador de numerosas enzimas.
Fósforo	F	HPO_4^{3-}	1200	Componente del ADN, ARN, ATP, GTP y los fosfolípidos.
Azufre	S	SO_4^{2-}	1000	El azufre forma parte de algunos aminoácidos (cisteína, metionina), así como de la coenzima A.

Macronutrientes esenciales para la mayoría de las plantas vasculares y concentraciones internas consideradas como adecuadas.

Los micronutrientes están disponibles para la planta en estado de iones, contribuyen en los procesos metabólicos activando las enzimas y en otros casos formando estructuras.

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible	Concentración en tejido seco (mg/kg)	Funciones
Cloro	Cl	Cl^-	100	El cloro se produce en la ósmosis y el equilibrio iónico; probablemente indispensable para las reacciones fotosintéticas que producen el oxígeno.
Hierro	Fe	Fe^{3+}, Fe^{2+}	100	El hierro es necesario para la síntesis de la clorofila; componente de los citocromos.
Boro	B	H_3BO_3	20	El boro interviene en la utilización del calcio, la síntesis de los ácidos nucleicos y la integridad de las membranas.
Manganeso	Mn	Mn^{2+}	50	El manganeso es activador de algunas enzimas; necesario para la liberación de oxígeno en la fotosíntesis.
Cinc	Zn	Zn^{2+}	20	El cinc es el activador o componente de numerosos enzimas.
Cobre	Cu	Cu^+, Cu^{2+}	6	El cobre es el activador o componente de algunas enzimas que se producen en las oxidaciones y las reducciones.
Molibdeno	Mo	MoO_4^{2-}	0,1	El molibdeno es necesario para la fijación del nitrógeno y en la reducción del nitrato.

Micronutrientes esenciales para la mayoría de las plantas vasculares y concentraciones internas consideradas como adecuadas.

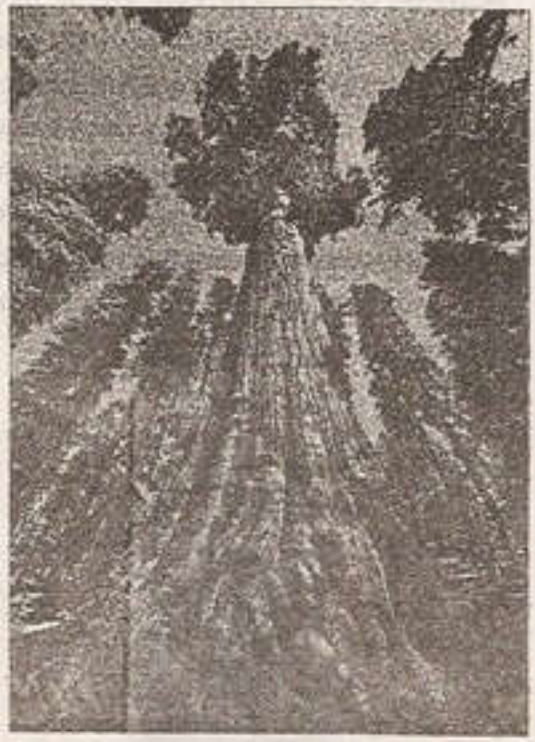
2 ▸ TRANSPORTE DE LA SAVIA BRUTA POR EL XILEMA

Las sales minerales y el agua forman la savia bruta, que tiene que recorrer grandes distancias a lo largo del xilema hasta llegar a las hojas, donde se realiza la fotosíntesis.

Mientras que los animales gastan mucha energía en mover el corazón, las plantas, sorprendentemente, son capaces de elevar la savia bruta, en algunos casos, como en las secuoyas americanas o eucaliptos australianos, a cien metros de altura, contra la gravedad y sin gasto de energía.

El movimiento de la savia bruta puede explicarse bien porque produce una presión positiva que la empuja a ascender desde abajo (teoría de la presión radicular), o bien porque existe una fuerza succionadora que, desde arriba, tira del agua y de las sales minerales (teoría de la cohesión-tensión).

Aunque en realidad participan ambos mecanismos, se han obtenido pruebas experimentales que apoyan que la cohesión-tensión es la teoría principal que explica el movimiento de la savia bruta por el xilema.



Secuoyas gigantes del Parque Nacional de Yosemite (EE. UU.)

2.1. TEORÍA DE LA COHESIÓN-TENSIÓN

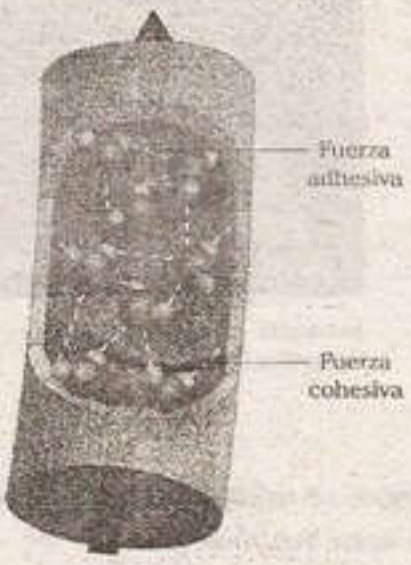
Defiende que la fuerza que eleva la savia bruta por el xilema se origina gracias a la tensión que provoca la transpiración del agua y a la cohesión existente entre sus moléculas:

- La transpiración es la pérdida de agua, en forma de vapor, a través de los estomas de las hojas, provocada por la acción de la energía solar. La pérdida de moléculas de agua origina un déficit hídrico que genera una fuerza de succión que eleva la savia bruta. Sin embargo, la tracción de la savia bruta solo es posible mientras haya una columna de agua por el xilema.
- El mantenimiento de una columna continua de agua se produce porque, a causa de los puentes de hidrógeno, entre las moléculas de agua existe una gran cohesión, así que la tensión generada por la transpiración no necesita ser muy grande, porque las moléculas de agua no suben de una en una, sino enlazadas a modo de cadena.
- Las sales minerales, como están diluidas en el agua, se transportan pasivamente hacia arriba. La fuerte adhesión del agua a las paredes de los finos tubos del xilema también facilita su ascenso por capilaridad.

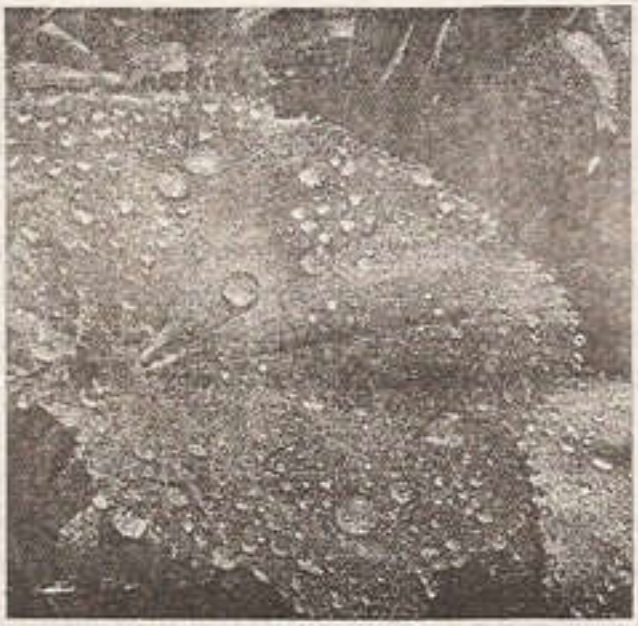
Como acabamos de ver, debido a la transpiración las moléculas de agua que salen por los estomas tiran de las moléculas adyacentes en el xilema de la hoja, obligándolas a rellenar el hueco que dejan las primeras. Este mecanismo se prolonga hasta el xilema de la raíz, en último caso, hasta el agua que se encuentra en los poros del suelo, que se ve forzada a penetrar en la planta a través de la vía transcelular. La tensión generada es tan potente que permite a la planta absorber incluso de suelos muy secos.

2.2. TEORÍA DE LA PRESIÓN RADICULAR

Sostiene que la acumulación de agua en los tejidos de la raíz genera una presión sobre el xilema que empuja a la savia bruta a ascender verticalmente. Una evidencia de la existencia de la presión radicular es la gutación o acumulación de gotitas de agua en el ápice y márgenes de la hoja, este fenómeno es típico en las selvas tropicales, donde las raíces disponen de abundante agua y la humedad del aire es tan elevada que reduce la transpiración. Aunque parece que la presión radicular podría asegurar el transporte del agua y de las sales minerales en herbáceas, se trata de un mecanismo secundario, ya que es insuficiente para plantas de porte arbóreos y arbustivos (que deben elevar estos nutrientes varios metros del suelo) y su importancia disminuye cuando desciende la humedad del suelo.



Moléculas de agua ascendiendo por un tubo fino.



Hoja mostrando el fenómeno de gutación.

3. INTERCAMBIO DE GASES EN LAS HOJAS

Las plantas intercambian con la atmósfera oxígeno y dióxido de carbono. Aunque no disponen de un aparato respiratorio como los animales, poseen unas estructuras especializadas en el intercambio gaseoso, situadas en su superficie: los estomas y las lenticelas.

En las partes verdes de la planta, como hojas y tallos tiernos, se encuentran estructuras compuestas de dos células de forma afrijolada llamadas estomas, que se pueden abrir o cerrar cuando aumenta o disminuye la turgencia de estas células. Por estas aberturas se elimina agua por transpiración y se efectúa el intercambio gaseoso tanto para la respiración como para la fotosíntesis.

En los tallos leñosos y en raíces grandes que carecen de pelos radicales, a través del corcho o súber que los rodea, se establece comunicación con el exterior y los tejidos vivos del interior a través de pequeños orificios de células redondeadas muertas, por entre los cuales circula el aire, denominadas lenticelas.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

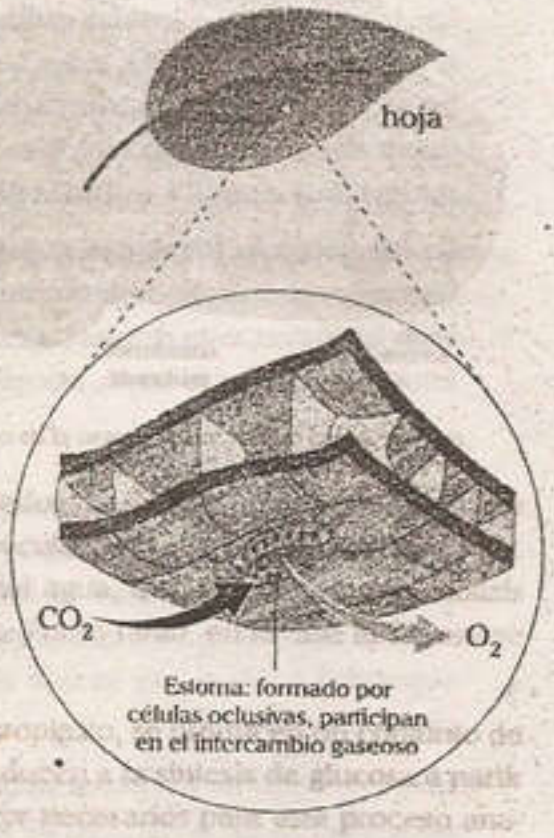
Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Son estructuras especializadas de la epidermis formadas por dos células, generalmente de forma arriñonada, denominadas células oclusivas. Estas células delimitan un espacio entre ellas, conocido como ostiolo. Se sitúan por toda la parte del vegetal, pero abundan en el envés de las hojas y en los tallos jóvenes. A pesar de ser células epidérmicas, las células oclusivas poseen cloroplastos y su pared vegetal se encuentra engrosada en la zona que rodea el ostiolo, lo que es fundamental para su funcionamiento.



Después de entrar por el ostiolo, el dióxido de carbono, necesario para la fotosíntesis, se difunde por los espacios intercelulares de los tejidos del vegetal, entra en las células y, por último, en los cloroplastos; el oxígeno, que se produce durante la fotosíntesis, sale por el ostiolo y realiza el camino inverso. No todo el dióxido de carbono que se emplea en la fotosíntesis procede de la atmósfera. Una parte se genera durante la respiración celular. De la misma manera, el oxígeno que se utiliza en la respiración tiene un doble origen: la fotosíntesis y la atmósfera.

Como por los estomas también se pierde vapor de agua, es vital para la planta controlar su apertura y cierre, y lograr establecer un equilibrio entre las pérdidas de agua y la entrada y salida de los gases. En realidad, los estomas se abren y cierran por un mecanismo muy sencillo, que consiste en la entrada y salida de agua de las células oclusivas, pero que se encuentra rigurosamente regulado a nivel molecular. Cuando la planta necesita dióxido de carbono, en las células oclusivas de los estomas se pone en funcionamiento una bomba de protones (H^+), que los expulsa al espacio extracelular. La salida de protones genera un déficit de cargas positivas en las células que es compensado con la entrada de iones potasio (K^+). Al aumentar la concentración salina intercelular, el agua entra por ósmosis y el estoma se abre.

Cuando la pérdida de agua por transpiración no puede ser contrarrestada por la absorbida a través de las raíces, la planta debe cerrar sus estomas para asegurar su supervivencia. El mecanismo de cierre estomático está regulado por una hormona llamada ácido abscísico (ABA). Cuando falta agua, esta hormona se une a un receptor específico que se encuentra en la membrana de la célula oclusiva. Tras la unión, el complejo hormona-receptor provoca un cambio en la permeabilidad de la membrana celular que facilita la salida de iones potasio. La disminución de la concentración salina intercelular induce la salida, y el estoma se cierra.

Cerca del 90% de la pérdida de agua de la planta se produce por los estomas, aunque estos poros representan solo el 1-2% de la superficie externa de la hoja. La cutícula cérea limita la pérdida de agua a través del resto de la superficie de la hoja.

Existen otros dos factores relacionados con la apertura y el cierre de los estomas: la **luz** y la **temperatura**.

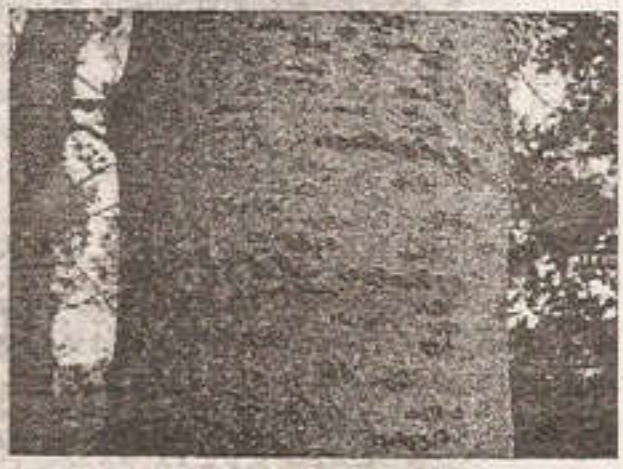
Las temperaturas elevadas estimulan la respiración celular y, por lo tanto, provocan un aumento de la concentración de CO_2 entre las células del mesófilo. En estas condiciones, la bomba de protones no se pondrá en funcionamiento y los estomas permanecerán cerrados. Esta respuesta tiene un importante significado biológico: evitar la excesiva pérdida de agua que se produciría si, a temperaturas muy altas, los estomas permanecieran abiertos.

La luz activa la fotosíntesis, que producirá un aumento en el consumo de CO_2 que, debido al mecanismo descrito anteriormente, descenderá la apertura de los estomas. Desde un punto de vista biológico, esta respuesta es tremendamente lógica. Cuando hay luz, la planta puede hacer la fotosíntesis y, por lo tanto, necesita abrir sus estomas para que entre el CO_2.

3.2. LENTICELAS

Son unas pequeñas protuberancias que se encuentran en la epidermis de los tallos y ramas de las plantas leñosas. Para facilitar el intercambio gaseoso, sus células tienen forma redondeada y están muy separadas entre sí, por lo que dejan grandes espacios intercelulares.

El movimiento de los gases se basa en principios fisicoquímicos de la difusión de los gases, así el CO_2 sale por su mayor concentración en los tejidos internos y el O_2 ingresa por mayor concentración en el medio externo y escaso en los tejidos internos.



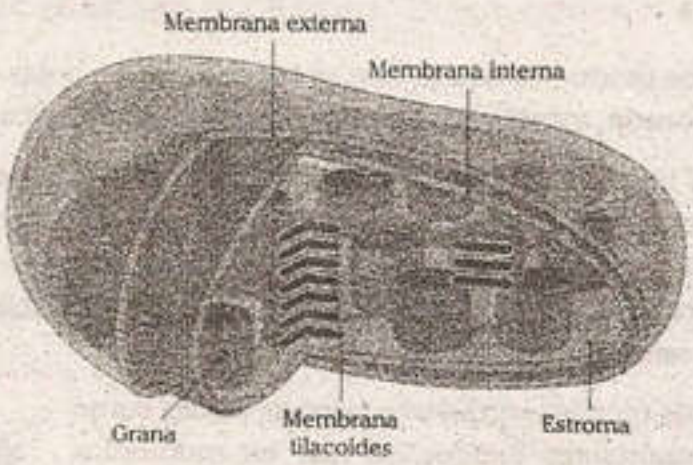
Lenticelas ubicadas en la corteza del tronco del árbol.

Las células del súber que contienen suberina están dispuestas de manera muy compacta y, como tejido, representan una barrera impermeable al agua y a los gases, sin embargo, los tejidos más internos del tallo, como cualquier tejido metabólicamente activo, necesitan de un intercambio de gases con el aire; de la misma forma, los tejidos internos de la raíz necesitan intercambiar gases con los espacios de aire existentes entre las partículas de suelo. Por lo tanto, en los tallos y en las raíces con peridermis este necesario intercambio se realiza mediante las lenticelas.

4▸ FOTOSÍNTESIS

Es un proceso metabólico por el cual las plantas van a elaborar sus alimentos. Se realiza en el tejido parenquimático clorofiliano y requiere los insumos como el agua y los nutrientes inorgánicos que llegan a través de los vasos xilemáticos, además del CO_2, que llega producto del intercambio gaseoso a través de los estomas y, por último, la energía luminosa captada por la clorofila. Durante la reacción química, que se divide en fase luminosa y fase oscura, se obtiene los productos finales que son los azúcares bajo la forma de fructosa, que será isomerizada hasta la molécula de glucosa, y liberando desechos del metabolismo como el oxígeno.

Durante la **fase luminosa**, que tiene lugar en la membrana de los tilacoides del cloroplasto, los rayos solares, al colisionar con las moléculas de clorofila de los fotosistemas, desplazan algunos electrones de su órbita, aumentando su nivel de energía. Parte de estos electrones se transfieren a una cadena de moléculas transportadoras de electrones y, como en cada componente de esta, van pasando a orbitales de energía decreciente. La energía sobrante se libera y las enzimas ATP-sintetasas la emplearán para formar ATP. Los electrones restantes se transfieren a moléculas de $NADP^+$, que pasan a su forma reducida (NADPH), y aportarán poder reductor (es decir, electrones) durante la formación de moléculas orgánicas en la siguiente fase. La clorofila recupera los electrones perdidos tomándolos del agua, que se escinde por fotólisis (ruptura por la luz). El oxígeno resultante se libera al medio. Por lo tanto, en la fase luminosa se producen: ATP y NADPH.

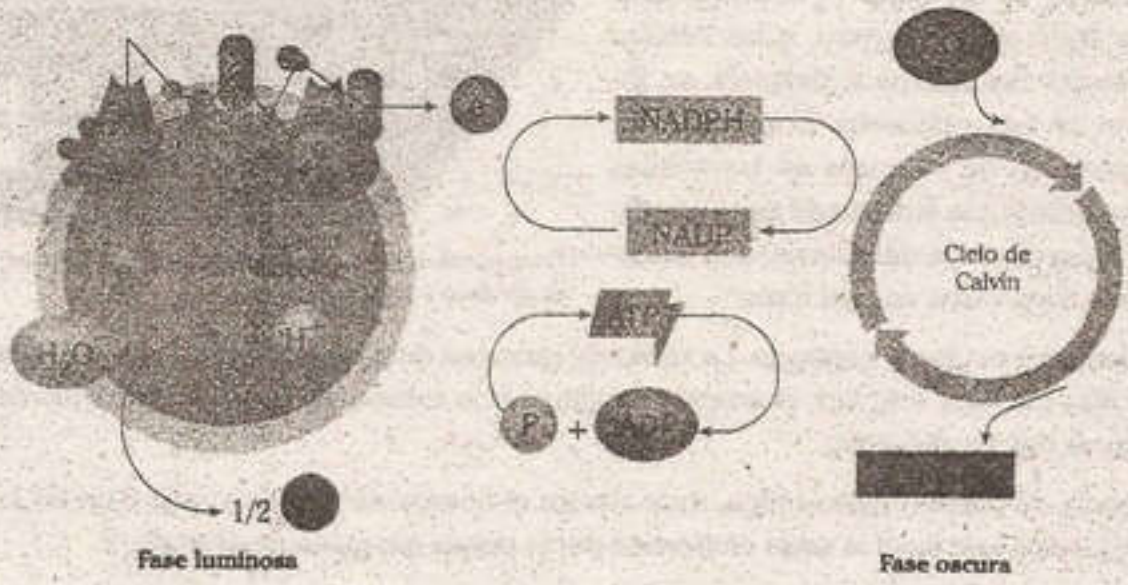


El cloroplasto es la organela que realiza la fotosíntesis.

Durante la **fase oscura**, que tiene lugar en el estroma del cloroplasto, se producen un conjunto de reacciones químicas denominadas **ciclo de Calvin**, que conducen a la síntesis de glucosa a partir de dióxido de carbono y agua. La energía y el poder reductor necesarios para este proceso anabólico son suministrados por el ATP y el NADPH obtenidos en la fase anterior. La primera reacción del ciclo de Calvin consiste en la fijación del CO_2, es decir, en la incorporación del carbono que contiene a un intermediario orgánico. Esta reacción está catalizada por la enzima RuBisCo y, dada su importancia, no es de extrañar que sea la proteína más abundante de la Tierra.

Finalmente, se puede concluir que durante la fase oscura se obtiene como producto final azúcares como la glucosa.

Las etapas de la fotosíntesis



5. Transporte de la savia elaborada por el floema

Los productos que se han sintetizado en las hojas durante la fotosíntesis se denominan **savia elaborada**, mezcla de azúcares (principalmente sacarosa), aminoácidos, sales y agua.

El transporte de la savia elaborada desde las zonas de producción, o fuentes, hacia las zonas de consumo o sumideros, se realiza por el floema. Las principales fuentes de las plantas son las hojas, donde se lleva a cabo la fotosíntesis, mientras que los sumideros son los órganos de crecimiento, como los meristemos de tallos y raíces, o los tejidos de almacenamiento como frutos, semillas y raíces.

Los órganos sumideros pueden actuar como importantes fuentes, ya que en momentos determinados ceden sus compuestos de reserva a otros órganos. Es el caso de la semilla, que funciona como sumidero durante su formación y como fuente para alimentar al embrión durante la germinación.

El movimiento de la savia elaborada por el floema, que circula a un ritmo mucho mayor de lo que cabría esperar en el caso de que solo actuara la fuerza de gravedad, se explica a partir de la hipótesis del **flujo a presión**. Esta hipótesis se basa en las diferencias de presión de agua (presión hidrostática) existentes entre la fuente y el sumidero. Para estudiar esta hipótesis utilizaremos como ejemplo el transporte de azúcares por el floema.

La glucosa, procedente de la fotosíntesis, produce sacarosa en las hojas. A continuación, este disacárido pasa, primero, a las células acompañantes del floema y, después, se introduce en los tubos cribosos. El aumento de la concentración de azúcares en las células del floema provoca la entrada de agua por ósmosis. El agua procede del xilema, que discurre paralelo a los vasos conductores.

Transporte de la savia elaborada a través del floema (hipótesis del flujo a presión).

En los sumideros ocurre lo contrario. La salida de sacarosa del floema hacia los frutos, los tubérculos o las semillas provoca, a su vez, el arrastre de agua hacia estos órganos. El movimiento de sacarosa se realiza por transporte activo.

La diferencia de presión hidrostática, muy alta en el floema de la hoja y muy baja en los órganos sumideros, hace que fluya la savia elaborada por la planta sin gasto de energía.

6▸ Respiración celular

Las plantas, como los animales y otros seres vivos, obtienen la energía necesaria para realizar sus funciones vitales degradando las moléculas orgánicas como la glucosa en un proceso llamado respiración celular. La principal reserva de las plantas es el almidón. Cuando la planta necesita energía, esta se descompone en varias moléculas de glucosa, que son utilizadas totalmente durante la respiración celular liberando la energía que contienen.

Esta degradación supone una oxidación muy lenta en varias reacciones metabólicas como la glucólisis, el ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa, todas ellas controladas por acción enzimática. Liberando en cada uno de estos procesos energía, la cual es acumulada en los ATP que serán utilizados en el trabajo celular.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{Energía (ATP)}$$

Ecuación general de la respiración celular

7▸ Eliminación de los productos de desecho

La excreción es la eliminación de sustancias inservibles o perjudiciales para el organismo. Las plantas no tienen aparatos o sistemas especializados en esta función, porque las principales sustancias de desecho que se forman durante el catabolismo (dióxido de carbono, agua y productos nitrogenados) son reutilizadas en la fotosíntesis. Por lo tanto, la función excretora de las plantas queda reducida a un número muy limitado de actividades como son la eliminación por difusión del dióxido de carbono sobrante, la acumulación en las vacuolas de cristales de oxalato cálcico (residuo metabólico de las células vegetales), o la eliminación del exceso de sal en las plantas que viven en ambientes salobres. En este último caso, la excreción se realiza a través de unos conductos asociados a unas glándulas de la sal, presentes en las hojas.

Árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*). El caucho es una secreción laticífera que se utiliza con fines industriales.

Pero las plantas también expulsan otras sustancias como resinas, aceites esenciales, etc. Por eso es importante diferenciar entre excreción y secreción. En este último caso, la planta también elimina sustancias, pero siempre con un significado fisiológico. Se consideran ejemplos de secreción:

- La **resina** de los pinos, que tiene una función defensiva, ya que tapona heridas y evita que entren insectos que se alimentan de madera.
- Las **esencias** y el **néctar** de las flores atraen los insectos y favorecen la polinización.
- El **látex**, que es una sustancia lechosa que se genera en los conductos laticíferos de algunas plantas como la euforbias (*Euphorbia sp.*), la higuera (*ficus carica*) o la amapola (*papaver rhoeas*), y que contiene azúcares, taninos y sustancias venenosas cuya función es defender la planta del ataque de los herbívoros.

- Los **espacios lisígenos** se forman por lisis de células enteras (holocrina) y quedan rodeados de células más o menos desintegradas. Las secreciones se originan en las células antes de que estas se desintegren. La lisis comienza en unas cuantas células y luego se extiende a las vecinas. Estos espacios pueden formarse como respuesta a lesiones. En el exocarpo de *Citrus* hay cavidades lisígenas, que se pueden ver a simple vista como pequeñas masas translúcidas.
- Las **cavidades esquizógenas** se forman gracias a que las células se separan por disolución de la laminilla media y por dilatación de los espacios intercelulares. Las células que limitan los espacios se diferencian formando el epitelio secretor. La secreción es merocrina. Ejemplo: el *Eucalyptus* tiene cavidades esquizógenas, de origen epidérmico, que contienen aceites.
- Los **tricomas urticantes** secretan un líquido que produce irritación cutánea y que utilizan como mecanismo de defensa. Ejemplo: las hojas de ortiga.
- Los **tricomas glandulares** generalmente presentan una cabeza uni o pluricelular. Las hojas y flores de *Cannabis sativa* y el cáñamo están cubiertas de tricomas glandulares en cuya secreción se encuentran varios alcaloides con efectos alucinógenos. Las hojas secas y molidas constituyen la "marihuana". El compuesto más importante es el tetrahidrocannabinol.

Insecto buscando su ración de néctar.

8▸ Otros tipos de nutrición en plantas

Aunque las plantas son organismos típicamente autótrofos, ya que obtienen la materia orgánica que necesitan por medio de la fotosíntesis, existen ejemplos de plantas que han desarrollado otras formas de nutrición. Viviendo como plantas parásitas, simbióticas o depredadoras, han conquistado nuevos nichos ecológicos. De los seres vivos con los que se relacionan obtienen complementos nutricionales orgánicos e inorgánicos.

- Las **plantas parásitas** solo obtienen su alimento de otras plantas (parasitismo obligado) a las que producen daños. Se clasifican en dos grupos:
  - Las que son capaces de realizar la fotosíntesis, pero no obtienen las sales minerales y el agua a través de las raíces sino de la savia bruta de otras plantas a las que parasitan. Para ello, introducen unas estructuras muy especializadas llamadas **haustorios** a través de los tejidos de la planta hospedante, con ellos succionan la materia inorgánica. El muérdago (*Viscum album*) parasita de esta manera pinos (*Pinus sp.*), abetos (*Abies sp.*) y algunos árboles de hoja caduca como el tilo (*Tilia platiphyllos*), el chopo (*Populus sp.*), el manzano (*Pyrus malus*), etcétera.
  - Las que han perdido completamente su capacidad fotosintética, porque no tienen clorofila, así que introducen los haustorios en el floema de la planta que parasitan y succionan su savia elaborada. La cuscuta (*Cuscuta europoea*) y el orobanche (*Orobanche sp.*) son plantas de este tipo.

- Las **plantas carnívoras** sí pueden hacer fotosíntesis, pero como viven en suelos pobres en nitrógeno, completan su dieta atrapando pequeños insectos. Para ello, han desarrollado mecanismos muy ingeniosos.
  - La atrapamoscas (*Drosera rotundifolia*) tiene unos pelos glandulares en sus hojas que desprenden gotitas pegajosas que atrapan al animal.
  - Las hojas de otras plantas carnívoras, como *Dionaea muscipula*, son prensiles y cuando se posa la víctima, se cierran, actuando a modo de trampa.
  - Otros géneros de carnívoras tropicales, como *Nepenthes*, poseen unas estructuras en forma de jarrita con un líquido enzimático en su interior. Al posarse en la planta, el insecto resbala dentro de la jarrita y ya no puede salir.
- Las **plantas simbióticas** forman asociaciones de beneficio mutuo con otros organismos. Destacan, por su importancia, las micorrizas y las asociaciones de leguminosas y bacterias.
  - Las **micorrizas** son asociaciones simbióticas entre los hongos del suelo y las raíces de las plantas. Los vegetales transfieren azúcares y otros compuestos orgánicos a los hongos, y estos proporcionan a las primeras sales minerales que pueden captar de lugares distantes mediante la extensión de sus micelios.
  - Las **leguminosas**, como los guisantes (*Pisum sativum*), la soja (*Glycine max*) o las habas (*Vicia faba*), han resuelto el problema de la escasez de compuestos nitrogenados en el suelo por medio de la cooperación con otros seres vivos. Las raíces de estas plantas poseen unos abultamientos o nódulos en los que viven bacterias del género ***Rhizobium***, que son capaces de transformar el nitrógeno atmosférico en amonio y nitrato. A su vez, la planta proporciona azúcares a los microorganismos. El excedente nitrogenado que proporcionan estas bacterias es tan grande que algunos agricultores incluyen entre sus cultivos plantas leguminosas, no con carácter comercial, sino para enriquecer el suelo en nitratos.

Lumbreras Editores

Referencias bibliográficas

- "Curso de microbiología general de Enrique Iáñez". En: *Hipertextos del área de Biología*, <http://www.biologia.edu.ar/microgeneral/micro-ianez/02_micro.htm> (1998).
- CAMPBELL, Neil A. y Jane B. REECE. *Biología*. Sétima Edición Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2007.
- SOLOMON, E.; BERG, L.; MARTIN, D. y C. VILLEE. *Biología*. Octava edición. México: McGraw-Hill Interamericana, 2008.
- STARR, Cecie; TAGGART, Ralph; EVERS, Christine y Lisa STARR. *Biología. La unidad y diversidad de la vida*. Décima edición. México D. F.: Editorial Thomson, 2004.

LECTURA

Desarrollan un sistema que permite cultivar plantas con agua de mar

El Centro de Biotecnología Marina de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), en colaboración con la Fundación Agramar, ha desarrollado un sistema de cultivo hidropónico que posibilita cultivar plantas con agua de mar.

De esta manera, las plantas que se están cultivando pertenecen a un grupo denominado halófilas, que crecen de forma natural en marismas y lagos salinos e hipersalinos. Tras numerosas expediciones y tras varios años de estudio y selección, se han obtenido variedades que completan su ciclo biológico (germinación, crecimiento, maduración, floración) en un sistema de cultivo que se riega únicamente con agua de mar. El sistema de cultivo consiste en tubos de plástico rígidos rellenos con picón, a través del cual, aprovechando la gravedad, fluye agua de mar, y en el que crece un tapiz de microalgas que aumenta la vitalidad de las plantas.

Los tubos del sistema de cultivo pueden apilarse en forma piramidal, lo que posibilita una gran productividad de la hidroponía marina. Solo son necesarios entre cinco y siete riegos diarios, de 15 minutos cada uno. Para el regadío pueden utilizarse aguas residuales de piscifactorías marinas, lo cual, además de eliminar la necesidad de añadir nutrientes a las plantas, permite reducir significativamente los vertidos contaminantes de amonio y fosfato que generan estas factorías.

Por su parte, la Fundación Agramar pretende estudiar incluso la utilización de las aguas de rechazo de las plantas de desalación de agua de mar para el cultivo de plantas halófilas y, asimismo, evaluar la reducción de las toxicidades de estas emisiones mediante la biofiltración-biodepuración.

Las aplicaciones actuales y potenciales de estas nuevas plantas, y de esta nueva agronomía marina, son numerosas abarcando desde el consumo humano al consumo animal, así como la producción de semillas oleaginosas, la biofiltración, la jardinería marina y los biocombustibles.

Otro ejemplo muy vistoso es la utilización posible de una halofita que crece por periodos de tiempo según las estaciones como la *Salicornia europaea* es una planta muy llamativa, sobre todo al final de su ciclo anual porque se vuelve totalmente roja. Crece en zonas con alta concentración de sales pero posee mecanismos propios para resistir en estas condiciones tan extremas.

Centro de biotecnología marina. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Cuando el agua se mueve de los pelos absorbentes al xilema por las células del parénquima de la raíz aprovechando los plasmodesmos, se conoce con el nombre de

A) movimiento apoplástico.
B) movimiento simplástico.
C) presión radical.
D) potencial hídrico.
E) capilaridad.

Resolución

En función de las características estructurales de la raíz, el agua y las sales minerales, una vez que ya han entrado en su interior pueden seguir dos vías diferentes: la vía A, o vía simplástica, y la vía B, o vía apoplástica.

- **Vía A o vía simplástica.** Una parte del agua y la mayoría de las sales minerales circulan por el interior de la raíz, hasta los vasos leñosos, a través del citoplasma de las células que forman el parénquima cortical. De una a otra célula pasan a través de las membranas plasmáticas y de los plasmodesmos; las sales minerales lo hacen mediante transporte activo y el agua lo hace por ósmosis.
- **Vía B o vía apoplástica.** La mayor parte del agua y una parte de las sales minerales circulan por el interior de la raíz a través de las paredes celulares y de los espacios intercelulares, hasta llegar a la endodermis. A partir de aquí, el agua atraviesa la membrana y el citoplasma de las células de la banda de Caspary por ósmosis, mientras que las sales minerales penetran en las células de la endodermis por transporte activo.

El conjunto de agua y sales minerales que han llegado hasta el xilema se denomina savia bruta y será transportada por los vasos leñosos hasta las hojas, donde se utilizará en la fotosíntesis.

En conclusión, se usa el movimiento simplástico.

Clave: B

Pregunta 2

Las plantas de ambientes tropicales húmedos presentan una estructura en sus hojas llamadas ..... por la cual excretan agua líquida.

A) estomas aeríferos
B) hidátodos
C) tricomas
D) pelos absorbentes
E) rítidomas

Resolución

Un hidátodo es un tipo de estoma inmóvil que secreta agua líquida por el proceso de gutación.

La gutación es un fenómeno observable como pequeñas gotas de agua en la epidermis foliar, se produce cuando la planta está en condiciones que favorecen la absorción rápida de agua y minerales y una transpiración mínima, como sucede con las plantas que crecen en suelos húmedos, durante la noche.

Los iones minerales absorbidos de noche son bombeados al apoplasto que rodea a los elementos del xilema. Esta pérdida de solutos hace que disminuya el potencial agua en los elementos del xilema, generando un ingreso de agua desde las células circundantes.

Lumbreras Editores

Al aumentar la presión dentro del xilema, el agua es forzada eventualmente a salir a través de los hidátodos foliares.

La estructura en las hojas por la cual excretan agua líquida se denomina hidátodos.

Pregunta 3

Durante la apertura de los estomas para el intercambio gaseoso se requiere que las células oclusivas

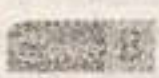
A) capten Na^+.
B) capten K^+.
C) expulsen K^+.
D) expulsen Na^+.
E) capten agua.

Resolución

La capacidad de los estomas de abrirse o cerrarse, se basa en las deformaciones que pueden experimentar las células oclusivas de acuerdo con su contenido hídrico. Cada estoma tiene dos células estomáticas oclusivas. Los movimientos estomáticos están provocados por los cambios de turgencia de estas células. Cuando las células oclusivas están turgentes, se arquean, y el orificio se abre. Cuando pierden agua, se vuelven flácidas y el poro se cierra.

Se sabe que el soluto que más influye en el movimiento osmótico del agua es el **ión potasio** (K^+). Con el aumento de concentración de K^+, el estoma se abre y, con un descenso, el estoma se cierra.

Por ello, para la apertura de los estomas se requiere que las células oclusivas capten K^+.



Pregunta 4

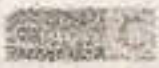
La absorción de agua a nivel radicular se da por ósmosis y es realizada por el tejido llamado

A) peridermis.
B) periciclo.
C) rizodermis.
D) epidermis.
E) xilema.

Resolución

La absorción de agua es un proceso pasivo que se produce por ósmosis, sin aporte energético. El agua siempre se mueve siguiendo un gradiente de potencial, de zonas de alta concentración hídrica hacia zonas de baja concentración hídrica. El agua se difunde de la solución del suelo a la raíz a través de la epidermis de la raíz o rizodermis, luego pasa el córtex, endodermis, pericielo y, finalmente, penetra en los vasos xilemáticos.

Así, el ingreso de agua por la raíz se da a través del tejido protector denominado rizodermis.



Pregunta 5

La savia orgánica circula de una célula cribosa a otra a través de

A) los poros.
B) los plasmodesmos.
C) las paredes celulósicas.
D) las cutículas.
E) los nexus.

Resolución

El transporte de la savia orgánica o elaborada se realiza a través de los vasos del floema. Esta savia se desplaza hacia las zonas llamadas de sumidero que es donde se consumen o

Lumbreras Editores

almacenan; entre estos podemos citar a los tejidos de crecimiento como son los meristemos y los órganos de almacenamiento como son los frutos, semillas y raíces.

Los vasos del floema están formados por elementos cribosos o células alargadas que presentan cribas o plasmodesmos en sus paredes y estas cribas permiten el paso de la savia elaborada de uno a otro elemento criboso o celula cribosa en un sentido bidireccional.

Por lo tanto, la savia orgánica o elaborada es transportada a través de los elementos cribosos del floema y circula de una a otra célula a través de los plasmodesmos.

Clave B

Pregunta 6

La ..... es la pérdida del agua en forma gaseosa a través del ostiolo de .....

A) transpiración - los tricomas.
B) respiración - las lenticelas.
C) gutación - los hidátodos.
D) transpiración - los estomas.
E) gutación - los tricomas.

Resolución

La transpiración consiste en la pérdida de agua en forma de vapor que se produce en las plantas a través de los estomas. A las hojas llega gran cantidad de agua absorbida por las raíces, pero solo una pequeña parte se utiliza en la fotosíntesis. Su principal función es eliminar en forma de vapor el agua que no es utilizada por las plantas. Además, el agua transpirada permite el enfriamiento de la planta.

Se concluye que la traspiración es la pérdida de agua en forma gaseosa a través del ostiolo de los estomas.

Clave D

Pregunta 7

Las bolsas llenas de aceites esenciales, que se presentan en la cáscara de las naranjas, se denominan

A) cavidades esquizógenas.
B) nectarios.
C) tubos laticíferos.
D) tubos resiníferos.
E) cavidades lisígenas.

Resolución

Cuando los tejidos secretores se localizan en la médula, son conocidos como tejidos secretores internos, pudiendo estar constituidos por células simples o agrupadas en forma de canales, sacos o bolsas secretoras. Entre estas tenemos:

- **Bolsas o cavidades lisígenas.** Formadas por células que han ido destruyéndose poco a poco. Contienen aceites esenciales y se les encuentra en la cáscara de la naranja y el limón.
- **Conductos y cavidades esquizógenas.** Formadas por células glandulares que vierten su contenido en una cavidad central. Según su contenido se distingen cavidades oleíferas, resiníferas, gumíferas y musilaginíferas; por ejemplo, están los conductos resiníferos de las coníferas.
- **Laticíferos.** Contienen como producto de secreción el látex, líquido acuoso de aspecto lechoso, casi siempre de color blanco. Podemos encontrar tubos laticíferos en euforbiáceas (*Euphorbia* y *Hevea*), apocináceas (*Nerium*), entre otros.

Así, las bolsas llenas de aceites esenciales presentes en la cáscara de naranja se llaman cavidades lisígenas.

Clave E

Lumbreras Editores

Pregunta 8

Señale la relación correcta entre la estructura que permite la respiración y el lugar donde se ubica.

A) lenticela - tallo herbáceo
B) estoma - tallo leñoso
C) lenticela - hoja
D) estoma - tronco
E) lenticela - zona madura del tallo

Resolución

Las lenticelas son estructuras que permiten el intercambio gaseoso. Se localizan en tallos, ramas y raíces leñosas; en las raíces especialmente en la zona de maduración. También lo encontramos en algunos frutos como la manzana y la palta.

Las lenticelas se localizan en tallos, ramas y raíces leñosas, en zonas maduras del tallo.

Pregunta 9

Las plantas parásitas se nutren succionando la savia de otras plantas a través de estructuras especializadas llamadas

A) lenticelas.
B) hifas.
C) haustorios.
D) pelos radiculares.
E) tricomas.

Resolución

Las plantas parásitas solo obtienen su alimento de otras plantas (parasitismo obligado) a las que producen daño, se clasifican en dos grupos:

- Las que son capaces de realizar fotosíntesis, pero obtienen sus sales minerales y agua de las plantas que parasitan, para ello introducen unas estructuras llamadas haustorios y con ellos succionan la materia orgánica. El muérdago (*Viscum album*) parasita de esta manera a los pinos.
- Las que han perdido completamente su capacidad fotosintética, porque no tienen clorofila, así que introdicen los haustorios en el floema de la planta que parasita y succionan la savia elaborada. La cuscuta (*Cuscuta europaea*) es una planta de este tipo.

En conclusión, las plantas parásitas succionan la savia de otras plantas a través de los haustorios.

Pregunta 10

Es una planta que obtiene parte de sus necesidades nutricionales mediante la captura y el consumo de insectos.

A) Cuscuta B) Muérdago C) Drosera
D) Abetos E) Orobanche

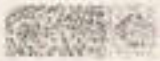
Resolución

Las plantas carnívoras sí pueden hacer fotosíntesis, pero como viven en suelos pobres en nitrógeno, completan su dieta atrapando pequeños insectos. Para ello, han desarrollado mecanismos muy ingeniosos.

- Las atrapamoscas (*Drosera rotundifolia*) tiene unos pelos glandulares en sus hojas que desprende gotitas pegajosas que atrapa insectos.
- Las hojas de otras plantas carnívoras, como *Dionea muscipula*, son prensiles y cuando se posa la víctima se cierran, actuando a modo de trampa.

Lumbreras Editores

En consecuencia, las plantas que obtienen parte de sus necesidades nutricionales mediante la captura y el consumo de insectos son las plantas carnívoras como la *Drosera*.



Pregunta 11

Es un componente de la clorofila y activador de numerosas enzimas.

A) hierro B) cloro C) magnesio
D) cobre E) cinc

Resolución

La clorofila es un pigmento fotosintético que en su estructura molecular presenta el magnesio, participa en la fijación de la luz durante la fase luminosa y se localiza en la membrana tilacoidal del cloroplasto. Además es uno de los principales activadores de enzimas que actúan en los procesos metabólicos.

Pregunta 12

Los productos que se han sintetizado en las hojas durante la fotosíntesis se denominan

A) flujo a presión.
B) savia orgánica.
C) savia inorgánica.
D) sales minerales.
E) micronutrientes.

Resolución

Durante la fotosíntesis el producto sintetizado es la savia elaborada o savia orgánica, que es una mezcla de azúcares, principalmente sacarosa, aminoácidos, sales y agua. El transporte de la savia elaborada desde de zonas de producción hacia las zonas de consumo, se realizan a través de los vasos floemáticos.

Pregunta 13

El producto de la respiración celular que las células vegetales necesitan para su trabajo celular se denomina

A) glucosa. B) sacarosa. C) ATP.
D) fructosa. E) calor.

Resolución

Los ATP son moléculas que constituyen la fuente inmediata de energía para el trabajo celular, se le llama por ello la moneda energética de la célula. Está formado por adenina, ribosa y tres grupos fosfatos. Es en los enlaces entre los fosfatos donde se almacena la energía. Las reacciones catabólicas liberan energía de los alimentos, esta es usada para sintetizar ATP y cuando se necesita la energía del ATP es liberada para el trabajo celular.

Pregunta 14

Las plantas elaboran sus alimentos durante la ..... y este producto metabólico es ..... .

A) fotosíntesis - la sacarosa
B) respiración celular - la fructosa
C) fotosíntesis - la glucosa
D) respiración celular - la glucosa
E) respiración celular - el ATP

Lumbreras Editores

Resolución

La fotosíntesis es el proceso anabólico por medio del cual se captura la energía luminosa y se le almacena como energía química en compuestos orgánicos como la glucosa, que se elaboran a partir de CO_2 y agua.

Este proceso es realizado por organismos procarióticos fotosintéticos, como ciertas bacterias y algas verde azuladas (cianobacterias) y por organismos eucarióticos como las plantas, algas uni y pluricelulares. Ni los hongos, ni los protozooarios, ni los animales realizan fotosíntesis.

Clave C

Pregunta 15

No es un factor que altera el proceso fotosintético.

A) la concentración del CO_2
B) la escasez del agua en el suelo
C) la temperatura
D) la fijación del nitrógeno
E) el exceso de sales en el suelo

Resolución

El rendimiento de la fotosíntesis puede ser afectado por la **concentración de CO_2** en la atmósfera; si está elevada y constante, la fotosíntesis aumenta en relación directa hasta llegar a un punto en el cual se estabiliza; la **escasez de agua en el suelo**: al faltar agua, disminuye el rendimiento de la fotosíntesis, pues la planta cierra sus estomas reduciendo la transpiración desde las hojas, lo que determina un menor ingreso de CO_2; la **temperatura**, cada especie está adaptada para vivir dentro de un rango de temperatura, a mayor temperatura más eficacia en la producción de oxígeno y glucosa; y **la concentración de sales en el suelo** si está en exceso limita el desarrollo vegetal. Sin embargo, cuando se supera el límite máximo de temperatura, la planta pierde agua en forma excesiva y muere. Por lo tanto, la fijación del nitrógeno no se relaciona directamente al proceso fotosintético.

Clave E

Pregunta 16

El combustible celular de las plantas es sintetizado durante un proceso metabólico denominado

A) respiración celular.
B) fotorrespiración.
C) ciclo de Calvin.
D) transpiración.
E) fase luminosa.

Resolución

La fotosíntesis es un proceso metabólico por el cual las plantas producen sus alimentos. Se realiza a nivel de las células del tejido parenquimático clorofiliano y requiere como insumos CO_2, H_2O y energía luminosa. Durante esta reacción química se producen dos etapas: la primera, denominada fase luminosa, utiliza la luz y el H_2O, y produce ATP y NADPH que son como baterías energéticas que serán utilizadas en la otra fase. Además libera el O_2 al ambiente.

La segunda etapa es la fase oscura, durante la cual ocurre el ciclo de Calvin, evento que utiliza los productos ATP y NADPH de la fase luminosa, ademas incorpora el CO_2 con los cuales sintetiza el combustible celular denominado glucosa. En consecuencia, el combustible celular se sintetiza durante el ciclo de Calvin.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 17

Las funciones vitales de la célula vegetal requieren de energía útil, la cual es aportada por varias reacciones metabólicas que se desarrollan durante la

A) fotosíntesis.
B) fotorrespiración.
C) respiración celular.
D) fase oscura.
E) fase luminosa.

Resolución

Las plantas obtienen la energía útil para sus actividades celulares degradando moléculas orgánicas como la glucosa, en un proceso denominado respiración celular. Este presenta varias reacciones químicas como la glucólisis, ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa y en cada una se va liberando esta energía útil o ATP. Por cada molécula de glucosa que es oxidada, se producen como máximo 36 o 38 ATP y la reacción más energética es la fosforilación oxidativa, que genera 32 o 34 ATP. Por lo tanto, la energía útil que la célula requiere para sus funciones vitales se libera durante la respiración celular.

Clave C

Pregunta 18

El proceso de nutrición vegetal presenta varias fases pero una está limitada y reducida a eliminar por difusión CO_2. Esta fase se denomina

A) la síntesis de glucosa.
B) la excreción de metabolitos.
C) la secreción de resina.
D) la absorción de agua y sales.
E) la síntesis de ATP.

Resolución

Los vegetales son organismos de nutrición autotrofa fotosintética, que requieren de luz solar, H_2O y CO_2 para transformarlo en compuestos orgánicos.

Los procesos implicados en la nutrición son la absorción de nutrientes, intercambio gaseoso, transporte de nutrientes, fotosíntesis, respiración celular y la excreción.

La excreción es mínima y se ve reducida a eliminar el exceso de CO_2, H_2O y sales, ya que podrían ser reutilizados.

Clave B

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. El movimiento de la sacarosa disuelta por el floema recibe el nombre de

   A) capilaridad.
   B) transposición.
   C) circulación.
   D) transporte.
   E) presión radical.

2. El mecanismo que mejor explica el ascenso del agua a través del xilema, especialmente en arbustos y árboles, es

   A) la tensión-cohesión en el xilema.
   B) la presión radical.
   C) la ósmosis.
   D) el flujo de presiones.
   E) el transporte apoplástico.

3. El movimiento de la savia orgánica de las células del mesófilo hacia los vasos cribosos se realiza mediante el mecanismo de

   A) tenso-cohesión.
   B) presión radical.
   C) potencial hídrico.
   D) flujo a presión.
   E) adhesión-cohesión.

4. La sacarosa se transporta a través del floema

   A) mediante el mecanismo de tensión-cohesión.
   B) en contra de la gradiente de concentración.
   C) por acción de la capilaridad.
   D) de una zona de mayor a menor concentración.
   E) por la presión del vapor de agua.

5. Cuando el agua se transporta por los plasmodesmos desde las células de la rizodermis hasta la endodermis, se denomina

   A) simplasto.
   B) capilaridad.
   C) apoplasto.
   D) transpiración.
   E) adhesión-cohesión.

6. La ..... es un tejido formado por una sola capa de células muy juntas carentes de clorofila, excepto las células ..... que forman parte del estoma.

   A) peridermis - oclusivas
   B) epidermis - cribosas
   C) peridermis - esclereidas
   D) epidermis - guarda
   E) rizodermis - oclusivas

7. El transporte de los productos elaborados por las plantas mediante la fotosíntesis se da por

   A) los vasos leñosos.
   B) la albura.
   C) los vasos cribosos.
   D) los tubos laticíferos.
   E) las tráqueas.

8. El intercambio gaseoso en las plantas se da a través de
   I. los estomas.
   II. las lenticelas.
   III. los tricomas.
   IV. la cutina.

   A) Solo I B) I y II C) I, II y III
   D) Solo II E) II y IV

Lumbreras Editores

9. El movimiento del agua del suelo a la raíz se da cuando

A) la cantidad de solutos del suelo es mayor que el de las raíces.
B) el potencial hídrico de la raíz es mayor que el del suelo.
C) el suelo es muy seco.
D) el potencial hídrico de la raíz es igual que el del suelo.
E) la concentración de sales en la raíz y el suelo alcanzan la misma concentración.

10. ¿Cuál de los siguientes pasos se cumple durante el proceso de flujo a presión?

A) Se mueve el agua mediante el mecanismo de tensión-cohesión.
B) Es un proceso de tracción de la sacarosa de la raíz a la hoja.
C) Ocurre cuando el potencial hídrico de la atmósfera alcanza los –80 MPa y la hoja los –1.5 MPa.
D) Es el transporte activo de la sacarosa desde las células del mesófilo foliar hasta las células cribosas.
E) Al aumentar la concentración de la sacarosa en el tubo criboso, este pierde agua.

11. La respiración celular es un proceso ..... y ..... que es llevado a cabo por las células para obtener energía de las moléculas.

A) anabólico - oxidativo
B) catabólico - endergónico
C) anabólico - exergónico
D) catabólico - exergónico
E) endergónico - exergónico

12. La savia bruta es conducida en el vegetal a través de ..... mientras que la savia elaborada circula por .....

A) el floema - el xilema.
B) el xilema - la felodermis.
C) el xilema - el floema.
D) el líber - el leño.
E) el leño - el xilema.

13. ¿Qué función cumplen las células estomáticas?

A) Participar en la secreción del látex.
B) Regular el intercambio gaseoso.
C) Participar en la fijación del agua.
D) Regular el ingreso de sales.
E) Desarrollar la fotosíntesis.

14. Los órganos que se encargan de cumplir funciones relacionadas con la nutrición en las plantas son

A) raíz y tallo.
B) hojas y tallo.
C) flor y fruto.
D) raíz, hoja y tallo.
E) semilla, flor y fruto.

15. Indique qué órgano vegetal se encarga del intercambio gaseoso, respiración y transpiración, y principalmente de la fotosíntesis.

A) raíz B) tallo C) hoja
D) flor E) fruto

16. El producto bioenergético que se ha sintetizado en las hojas durante la fotosíntesis es

A) el agua.
B) la glucosa.
C) el oxígeno.
D) el dióxido de carbono.
E) la energía luminosa.

Lumbreras Editores

17. Las sales minerales y el agua forman la savia ....., que tiene que recorrer grandes distancias a lo largo del ..... hasta llegar a las hojas, donde se realiza la fotosíntesis.

A) orgánica - xilema
B) bruta - floema
C) orgánica - duramen
D) bruta - xilema
E) elaborada - floema

18. La reacción química que más ATPs ha liberado durante la respiración celular se denomina

A) el ciclo de Calvin.
B) el ciclo de Krebs.
C) la glucolisis.
D) la fosforilación oxidativa.
E) la fase luminosa.

19. Señale cuáles son las características del tejido fotosintético en las plantas.

I. Es el tejido más extendido en los vegetales.
II. Está formado por células muertas.
III. Se encuentra en el mesófilo de la hoja.
IV. Es un tejido de soporte.

A) Solo I B) I y III C) I, II y III
D) III y IV E) Solo IV

20. El macronutriente que es componente de la estructura de la clorofila es el

A) magnesio.
B) hierro.
C) cobre.
D) cloro.
E) cinc.

21. La forma disponible de nitrógeno que las plantas absorben del suelo es

A) el amonio y el nitrato.
B) el nitrógeno atmosférico.
C) la urea y el amoniaco.
D) el aminoácido y la urea.
E) el nitrato y el acido úrico.

22. Las aberturas estomáticas localizadas especialmente en el envés de las hojas se caracterizan por

A) estar formadas por células epidérmicas sin cloroplasto.
B) presentar dos células oclusivas que no realizan fotosíntesis.
C) estar ubicadas en el mesófilo de las hojas.
D) regular el intercambio gaseoso y la transpiración.
E) secretar resina y látex durante la excreción.

23. El transporte de la savia orgánica es en sentido ..... y transporta, principalmente, ...

A) unidireccional - sacarosa
B) bidireccional - almidón
C) unidireccional - glucosa
D) bidireccional - fructosa
E) multidireccional - sacarosa

24. Los ..... secretan un líquido que produce irritación cutánea y que utilizan como un mecanismo de defensa.

A) espacios lisígenos
B) tricomas urticantes
C) tubos resiníferos
D) tubos laticíferos
E) conductos esquizógenos

Lumbreras Editores

CAPÍTULO XIII

REPRODUCCIÓN Y DESARROLLO VEGETAL

Objetivos

- Conocer las formas de reproducción que ocurren en las plantas.
- Diferenciar la reproducción asexual y sexual de las plantas.
- Conocer los tipos de reproducción asexual natural y artificial en los vegetales.
- Conocer las estructuras que intervienen en la reproducción sexual de las plantas angiospermas.

Introducción

La reproducción es el proceso por el cual los seres vivos producen organismos semejantes al originario, perpetuando de esa manera la vida y asegurando la continuidad de la especie.

Las plantas muestran una diversidad de sistemas reproductivos. En todos los vegetales coexisten tanto la reproducción sexual como la asexual.

Existe en la mayoría de vegetales un tipo de reproducción especial denominada alternancia de generaciones. Se llama así porque se alternan en el tiempo una etapa donde la planta produce esporas, y la otra etapa produce gametos.

Las generaciones que producen esporas se llaman esporofitos y las que producen gametos, gametofitos.

La reproducción asexual es un proceso sencillo y rápido. Solo existe un progenitor que se divide y da lugar a vegetales idénticos al primero. Estos nuevos vegetales pueden producirse a partir de las diferentes partes de la planta.

La reproducción sexual se lleva a cabo mediante la unión de gametos masculinos y femeninos, que proceden generalmente de dos plantas diferentes de la misma especie. Esta unión formará el cigoto, que se dividirá y originará una nueva planta.

Los órganos reproductores que participan en la reproducción sexual formando gametos son los anteridios y arquegonios en los musgos y helechos, los conos o piñas en las gimnospermas y las flores en las angiospermas.

1. Reproducción asexual o vegetativa

Es la reproducción de una planta a partir de una célula, tejido u órgano, que se desarrolla por separado de la planta madre, hasta convertirse en una nueva planta genéticamente idéntica a la progenitora. Se halla muy difundida y sus modalidades son variadas.

1.1. Mitosporas

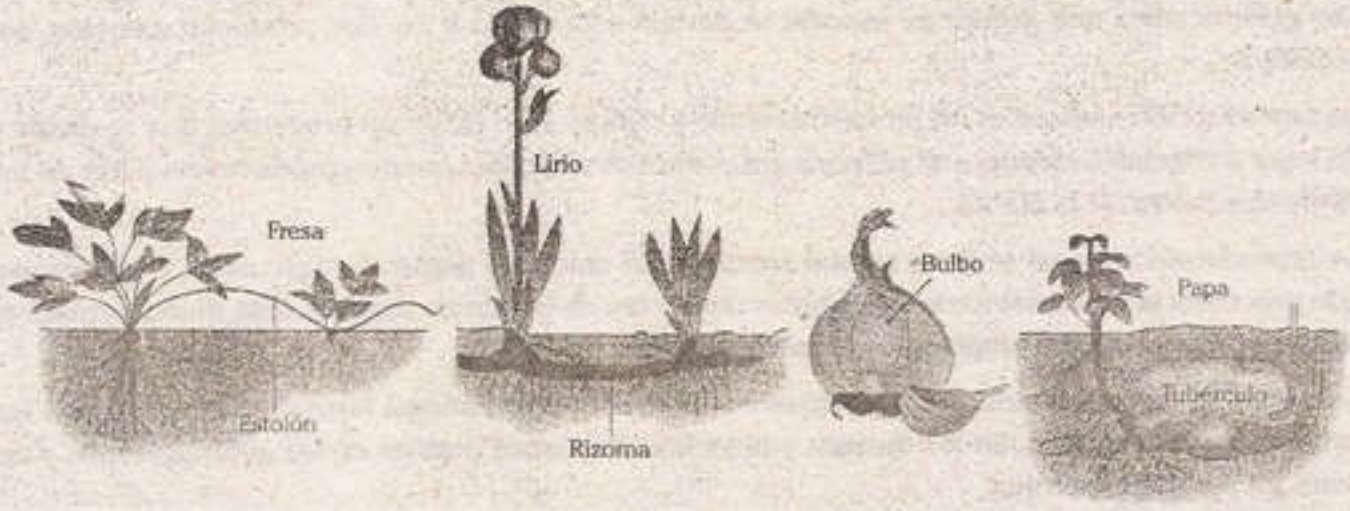
Son esporas originadas por mitosis y se considera una modalidad de reproducción asexual en vegetales, y es típica en las plantas inferiores como los musgos y helechos. Algunas se mueven por medio de flagelos, mientras que otras son dispersadas pasivamente por el agua, el viento o los animales. La formación de estas esporas puede tener lugar en órganos especiales de la planta denominados esporangios.

1.2. Propágulo

Es cualquier parte de la planta capaz de desarrollarse por separado, y que da lugar a un nuevo organismo idéntico a la planta progenitora. Es decir, es cualquier estructura de reproducción y propagación vegetativa.

Como formas más importantes de propágulos vegetativos tenemos:

- **Los estolones.** Ramas que, tras crecer mucho, llegan a tocar el suelo y enraízan engendrando una nueva planta. Esto ocurre en la fresa y muchas gramíneas.
- **Los rizomas.** Tallos subterráneos que crecen alargados horizontalmente. Al cercenarse, originan nuevas plantas. Son típicas en los lirios, carrizo, plátano y kion.
- **Los tubérculos.** Porciones más o menos esféricas de tallos subterráneos, ricos en material nutritivo. En su superficie se desarrollan las yemas u ojos, capaces de dar origen a una nueva planta. Son típicas en la papa y el olluco.
- **Los bulbos.** Tallos cortos y cónicos con una gran yema terminal rodeada por numerosas hojas que almacenan sustancias de reserva. En las axilas de estas hojas se forman los bulbos de renuevo. Estos bulbos se desprenden para dar lugar a una nueva planta. Se presentan en la cebolla y el tulipán.



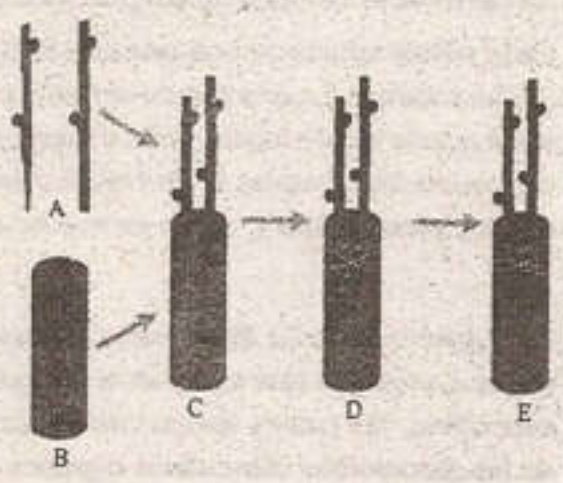
Formas de propagación vegetativa: por estolón, rizoma, bulbo y tubérculo

1.3. MULTIPLICACIÓN VEGETATIVA ARTIFICIAL

Constituye un conjunto de técnicas agronómicas utilizadas desde hace mucho tiempo y se considera un método de reproducción asexual en vegetales. Entre ellas destacan:

- **Injertos.** Es un fragmento de tallo de una planta (injerto), que se introduce dentro del tallo o tronco de otra planta de la misma o de diferente especie. Se suele usar en los frutales como en mango, palto, manzano o cítricos.
- **Estacas.** La reproducción por estacas consiste en cortar un fragmento de tallo con yemas y enterrarlo. Después se espera hasta que broten raíces. Así se obtiene una nueva planta.
- **Esquejes.** Son porciones de tallos de las zonas apicales que se preparan en recipientes con agua o en tierra húmeda, donde forman nuevas raíces, tras lo cual pueden plantarse.
- **Acodo.** Consiste en enterrar una parte de la planta y esperar a que arraigue. Entonces se corta y se trasplanta, esta técnica se utiliza en el cultivo de la vid.

PROCESO DE INJERTADO



2▸ REPRODUCCIÓN SEXUAL EN LAS PLANTAS ANGIOSPERMAS

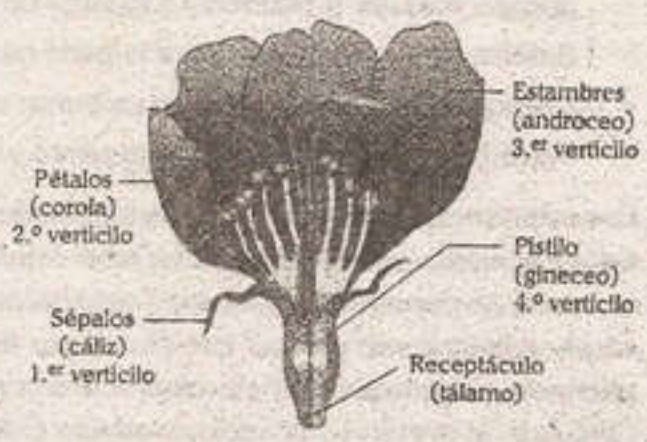
2.1. FLOR

Es la estructura reproductiva característica de las plantas angiospermas. La función de una flor es producir gametos que participan durante la reproducción sexual. La flor está unida al tallo por un eje, denominado pedicelo, que se dilata en su parte superior para formar el receptáculo en el cual se insertan hojas modificadas y especializadas en las funciones de reproducción y protección.

Desde afuera hacia adentro en una flor típica se encuentran dos piezas estériles, con las funciones de protección, constituidas por los sépalos y pétalos.

Por dentro de los pétalos se disponen las piezas fértiles, con función reproductiva, e integrado por estambres y carpelos.

Una flor completa es aquella en la cual los cuatro verticilos están presentes (cáliz, corola, androceo y gineceo), cuando cualquiera de estos verticilos está ausente se dice que la flor es incompleta. Mientras que una flor es perfecta cuando el androceo y el gineceo están presentes. Entonces, una flor imperfecta es una flor incompleta, pero no toda flor incompleta es imperfecta.



Flor completa formada por los cuatro verticilos.

2.1.1. Disposición de las piezas florales

Cáliz

Es el verticilo más externo de la flor. Tiene la función protectora y está constituido por los sépalos, generalmente de color verde. Si los sépalos están libres entre sí, el cáliz se denomina **dialisépalo**, mientras que si están unidos se llama **gamosépalo**, como en el clavel.

Corola

Es el segundo verticilo interno y es el que rodea al gineceo y androceo. Está compuesto por antófilos denominados pétalos, que son generalmente de diversos colores.

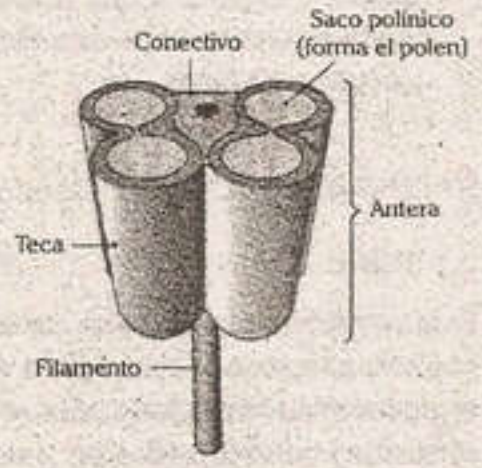
Cada pétalo consta de una **uña** que lo fija al receptáculo y una **lámina** o **limbo** que es la parte más ancha y vistosa. La uña puede ser muy corta, como en la rosa o muy larga como en el clavel. La lámina puede ser de forma, color y margen muy variado. Si los pétalos son libres entre sí, la corola se denomina **dialipétala**; si, en cambio, se hallan unidos entre sí a través de sus márgenes, la corola se dice **gamopétala** y, como en el caso del cáliz, presenta tubo, garganta y limbo.

Androceo

Es el tercer verticilo floral, siendo la parte masculina de la flor. Las piezas que integran el androceo se denominan estambres, los cuales tienen como función la generación de los gametofitos masculinos o granos de polen.

Los estambres son hojas modificadas formadas por un pie que se inserta en el receptáculo de la flor, llamado filamento, y una porción distal llamada antera. El filamento es la parte estéril del estambre, puede ser muy largo, corto o faltar, en ese caso las anteras se denominan sésiles. La antera es la parte fértil del estambre y suele constar de dos partes distinguibles o contiguas, llamadas tecas, unidas por el conectivo, que es también por donde la antera se une al filamento.

PARTES DEL ESTAMBRE

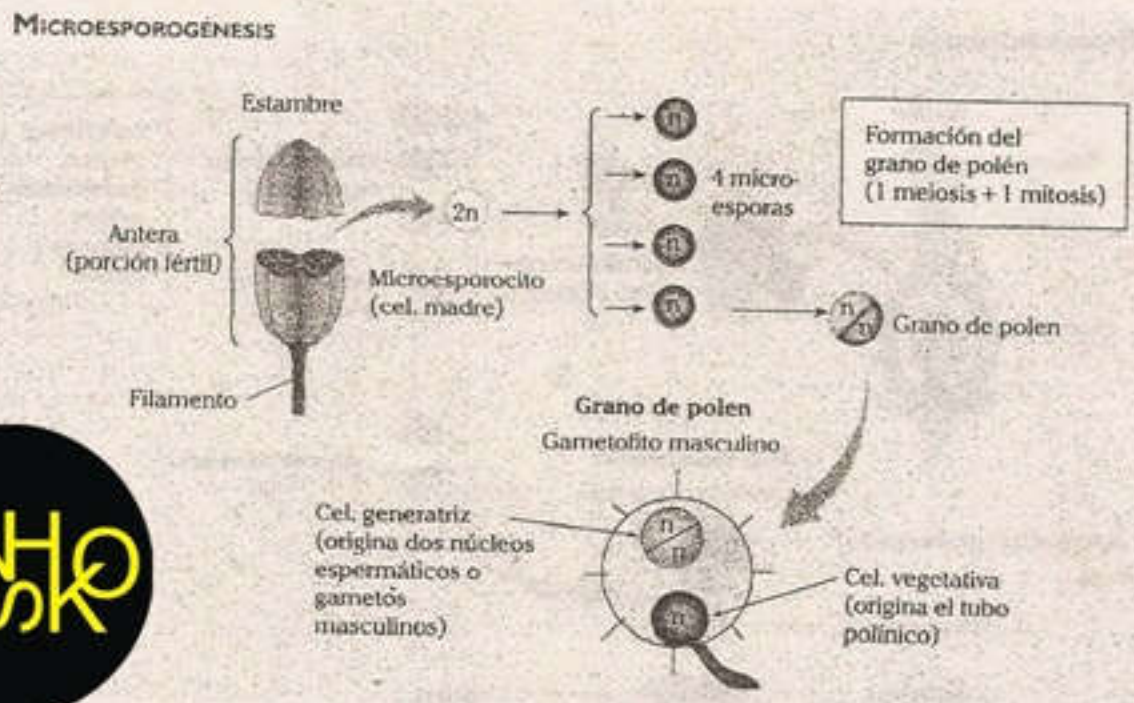


La forma en la que la antera se une al filamento puede dividirse en varios tipos:

- Adnata, soldada al filamento a lo largo de todo su eje longitudinal.
- Basifija, unida al filamento por la parte basal.
- Dorsifija, unida al filamento en un punto en la parte media dorsal.
- Versátil, unida al filamento en un punto y tiene movilidad.

Los estambres, al igual que el perianto, pueden estar fusionados entre sí y a otro verticilo. Cuando están connados pueden formar un tubo estaminal y cuando están libres entre sí, pero adnatos a la corola, se denominan estambres epipétalos. Dentro de la antera, se encuentran localizados los sacos polínicos, estructuras que tienen por función el producir los granos de polen mediante la **microesporogenesis**. Este proceso ocurre a partir de una célula madre microesporocito diploide (2n), que al dividirse por meiosis origina cuatro microesporas haploides (n), cada microespora al dividirse por mitosis origina a los granos de polen con dos células: la generatriz y la vegetativa.

La célula generatriz se divide por mitosis y origina dos núcleos espermáticos llamados anterozoides, siendo los gametos masculinos. La célula vegetativa, por una serie de divisiones mitóticas, originará al tubo polínico, responsable de transportar los anterozoides hacia el óvulo.



La microesporogénesis es el proceso que formará los granos de polen.

Gineceo

También es llamado pistilo y consta de una o más hojas carpelares que forman una cavidad denominada el ovario, dentro de la cual quedan protegidos los óvulos o primordios seminales, tanto de la desecación como del ataque de insectos fitófagos.

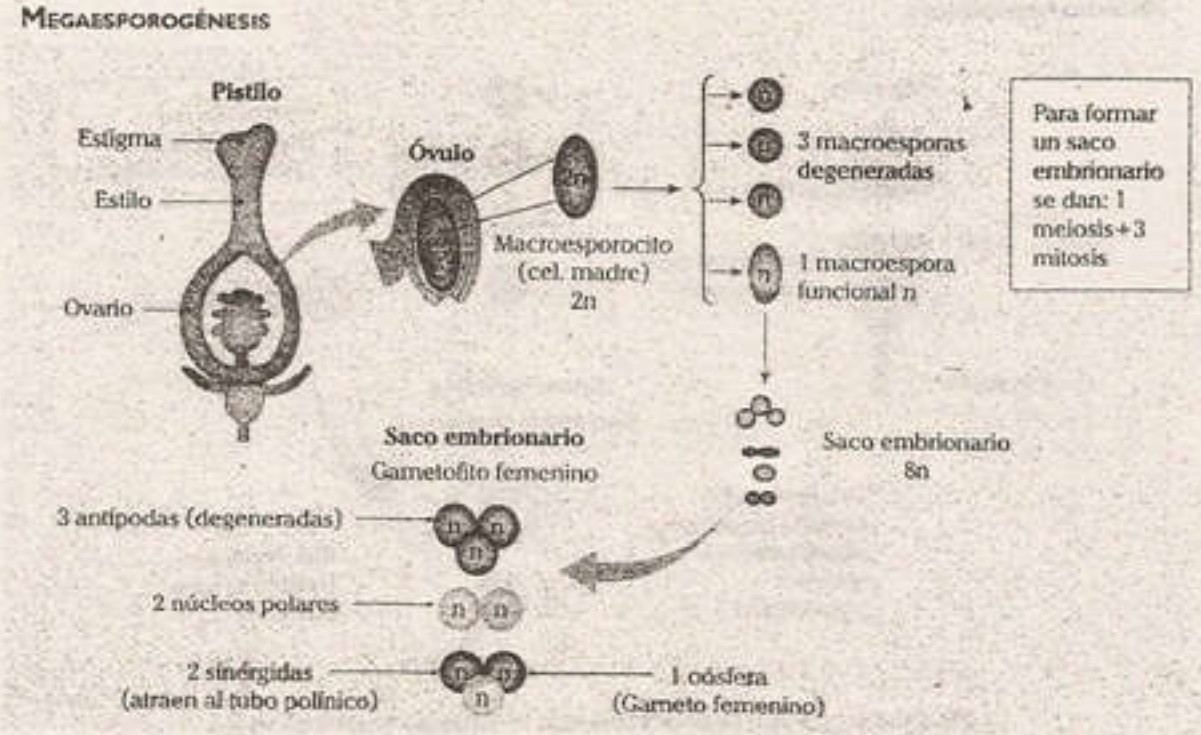
El pistilo consta de tres partes: el ovario, que es la parte inferior abultada que forma una cavidad o lóculo en cuyo interior se encuentran los óvulos; el estilo, que es una columna más o menos alargada; y el estigma, constituido por un tejido glandular especializado para la recepción de los granos de polen.

Al hacer cortes transversales y longitudinales del ovario pueden reconocerse las siguientes partes: carpelos, óvulos, lóculos, haces vasculares y placentas. La posición relativa del ovario y el tipo de flor se establecen en función de la ubicación del ovario respecto a los otros verticilos y a su adnación o no a estos.

- Ovario súpero: indica que el ovario está completamente libre del resto de la flor.
- Ovario ínfero: indica que el ovario está completamente soldado al hipanto. El hipanto es la estructura que resulta de la fusión de las diferentes partes florales.

En el interior del óvulo se desarrolla el saco embrionario mediante la **megaesporogénesis**. Este proceso consiste en que la célula madre megaesporocito (2n), por una división por meiosis, origina cuatro células megaesporas (n), tres de ellas son degeneradas y una es funcional, esta última por tres divisiones mitóticas sucesivas originará al gametofito femenino llamado saco embrionario (8n).

El saco embrionario está formado por las siguientes células: tres antípodas que son atrofiadas; dos sinérgidas que atraen al tubo polínico; una ovocélula u oósfera que es el gameto femenino y una célula polar (dos núcleos polares).



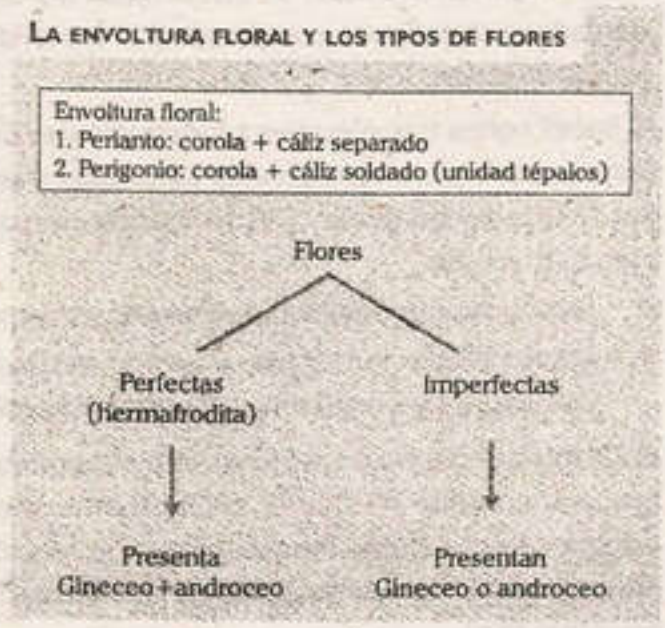
La megaesporogénesis proceso de formación del saco embrionario

2.1.2. Envoltura floral

Las flores de las plantas angiospermas poseen una envoltura floral, denominada el perianto, constituida por los verticilos estériles de la flor: el cáliz y la corola.

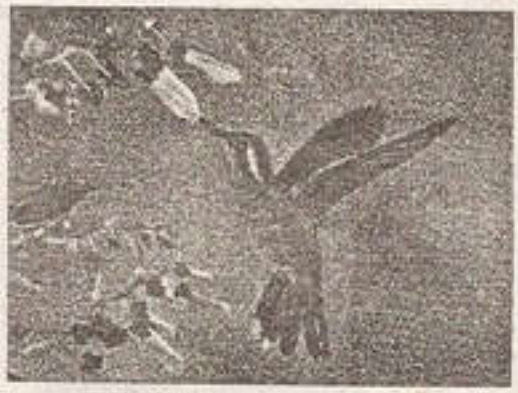
Es evidente que la presencia del perianto se halla en relación funcional con la polinización por los animales, ya que en estado de botón el perianto protege los órganos reproductores aún inmaduros de los animales herbívoros visitantes y, durante la floración, las partes del perianto vivamente coloreadas contribuyen de modo esencial a la atracción de los animales polinizadores.

En muchas familias de monocotiledóneas, el perianto se denomina perigonio y las piezas que lo componen se llaman tépalos. Si los tépalos se parecen a un pétalo el perigonio se llama corolino, de corola, y si se parecen a sépalos se dice perigonio calicino, de cáliz.



2.2. POLINIZACIÓN

Es el proceso de transferencia del polen desde los estambres hasta el estigma o parte receptiva de las flores, donde se fecundan los óvulos de la flor, haciendo posible la producción de semillas y frutos.



Polinización ornitófila

Polinización entomófila

Si el transporte de los granos de polen se da en la misma flor se denomina polinización autógama, pero si ocurre entre flores de diferentes plantas de la misma especie la polinización se llamará cruzada. Esta última es la más frecuente y en ella participan los agentes o vectores de la polinización.

Los agentes abióticos, como el viento y el agua, fueron las primeras formas como se realizó la polinización y que se desarrollaron con las plantas vasculares hace 250 millones de años. En la actualidad, está muy difundida en las plantas gimnospermas (pino, secuoya, ciprés) y algunas angiospermas del grupo de las monocotiledóneas (maíz y grass).

Existe una gran variedad de agentes bióticos, entre ellos se encuentran los insectos como los himenópteros (abejorros, abejas y avispas), lepidópteros (mariposas y polillas) y dípteros (moscas), además las aves como los colibríes y algunos mamíferos como los murciélagos.

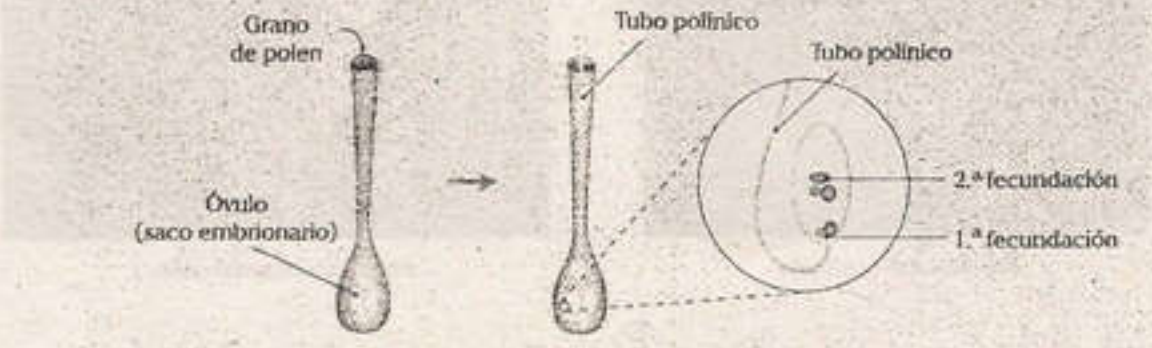
La intervención del hombre en la polinización es un proceso artificial; sin embargo, ha contribuido en la formación de nuevas variedades de plantas mejoradas de consumo humano y las ornamentales.

	AGENTES	POLINIZACIÓN
Bióticos	Insectos	Entomógama
	Aves	Ornitógama
	Murciélagos	Quiroptógama
	Humano	Antropógama
Abióticos	Viento	Anemógama
	Lluvia	Pluviógama

2.3. DOBLE FECUNDACIÓN

La fertilización en las angiospermas es un proceso complejo que involucra varias etapas sucesivas:

- La germinación de los granos de polen en el estigma.
- El crecimiento del tubo polínico en el estilo orientado hacia el saco embrionario del óvulo.
- La fusión de los núcleos generativos del gametofito masculino con el núcleo de la oósfera y con los dos núcleos polares.



1.ª fecundación: 1 oósfera + 1 núcleo espermático = embrión (nueva planta) 2.ª fecundación: 2 núcleos polares + 1 núcleo espermático = endospermo (tejido nutricio)	A. Doble fecundación (Anfimixis) B. Sin fecundación (Apomixis)

La doble fecundación ocurre en el óvulo.

Los granos de polen al aterrizar en el estigma de la flor germinan, emitiendo un tubo polínico, gracias al crecimiento de la célula vegetativa. El tubo polínico se elonga dentro del estilo y atraviesa el micropilo o abertura del óvulo. Ya dentro del óvulo, se dirigen hacia el saco embrionario para descargar los anterozoides, uno de los cuales se fusionará con la oósfera u ovocélula y el otro anterozoide con los dos núcleos polares, produciéndose de ese modo la **doble fecundación** característica de las plantas angiospermas.

La unión de la oósfera con uno de los anterozoides determina la formación del cigoto (2n), el que por sucesivas divisiones mitóticas originará el **embrión**. La fusión del otro anterozoide con los dos núcleos polares formará a la célula madre endospérmica, que por sucesivas mitosis originará el **endosperma**, tejido que brindará nutrientes al embrión durante sus primeras etapas de desarrollo. Ambos, el embrión y el endospermo, constituyen la semilla, que es la estructura de dispersión típica de las espermatofitas.

2.4. SEMILLA

Es el óvulo fecundado y maduro, producto de la reproducción sexual, contiene al embrión que presenta una vida; a la fuente de alimento llamado endospermo; y una envoltura protectora llamada tegumento o epispermo.

2.4.1. Embrión

Es una pequeña planta en estado embrionario. Cuando las condiciones son favorables con adecuada humedad, calor y oxígeno, el embrión se desarrolla dando lugar a una nueva planta y contiene los siguientes componentes:

- **Radícula.** Es la parte del embrión que emerge primero. Una vez fuera se convierte en una auténtica raíz, produciendo pelos absorbentes y raíces secundarias.
- **Plúmula.** Es una yema, se encuentra al lado opuesto de la radícula.
- **Hipocótilo.** Es el espacio entre la radícula y la plúmula. Es el primer órgano de expansión de la plántula y se desarrolla hasta formar un tallo, situado por encima de los cotiledones.
- **Epicótilo.** Se encuentra situado por encima de la inserción de los cotiledones. En otras palabras, se trata del primer entrenudo de una planta.
- **Cotiledones.** Adquieren la función de primeras hojas o de reserva alimenticia, son las hojas primordiales constitutivas de la semilla y se encuentran en el germen o embrión. Las semillas de las plantas monocotiledóneas implican un único cotiledón, por ejemplo trigo, maíz; las dicotiledóneas implican dos cotiledones, por ejemplo judía, guisante, castaño; las de las coníferas implican de diez a doce cotiledones.

2.4.2. Endospermo o albumen

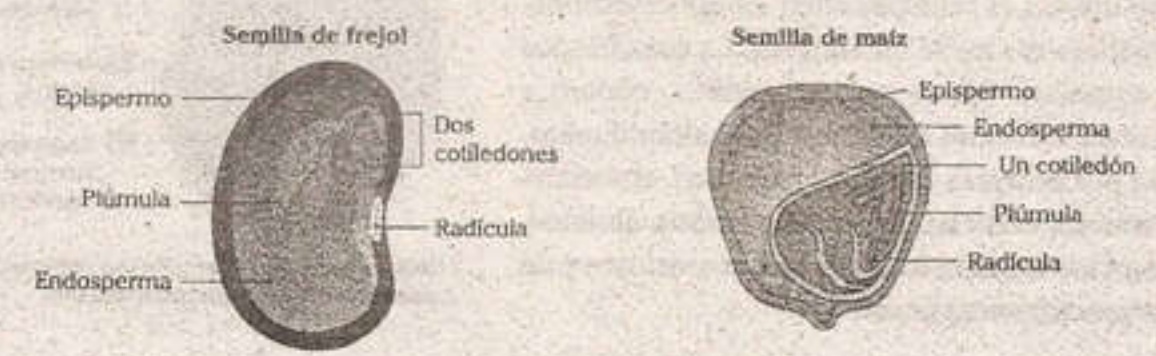
Es la reserva alimentaria contenida en la semilla. En las monocotiledóneas está constituido por almidón, conformando casi la totalidad de la semilla. A veces esta reserva se encuentra incluida en los cotiledones, como ocurre en el caso de la dicotiledóneas, estas a su vez almacenan en su endospermo reservas de almidón, aceites o proteínas.

2.4.3. Episperma

Es la cubierta exterior formada por la testa y, en el caso de las angiospermas, con una cubierta suplementaria por debajo de esta, llamada tegmen. La testa a veces es delgada, como ocurre en las semillas protegidas por el endocarpo leñoso, pero a veces, cuando falta esta protección, la testa actúa de defensa contra el mundo exterior además de evitar la pérdida de agua de la semilla. Sobre esta superficie podemos ver el micropilo, que es como un pequeño poro a través del cual se había producido la entrada del tubo polínico en el óvulo y por donde se dirige la radícula en la germinación.

Cumbreras Editores

PARTES DE LAS SEMILLAS



2.5. Fruto

Es el ovario maduro y desarrollado. Deriva de la flor y contiene a las semillas hasta que estas maduran y luego contribuye a diseminarlas. Cuando la pared del ovario se engrosa, se transforma en la pared del fruto y se denomina pericarpio, su función es proteger a las semillas.

Con frecuencia participan en la formación del fruto otras partes de la flor además del ovario, como por ejemplo el cáliz o el receptáculo.

El fruto es otra de las adaptaciones, conjuntamente con las flores, que ha contribuido al éxito evolutivo de las angiospermas. Así como las flores atraen insectos para que transporten polen, también muchos frutos tratan de atraer animales para que dispersen sus semillas. Si un animal come un fruto, muchas de las semillas que este contiene recorren el tracto digestivo del animal sin sufrir daño, para después caer en un lugar idóneo y realizar la germinación.

Sin embargo, no todos los frutos dependen de ser comestibles para dispersarse. Otros, como los abrojos, se dispersan aferrándose al pelaje de los animales. Algunos forman estructuras aladas para poder dispersarse con el viento, como los arces. La variedad de tipos de frutos que han desarrollado las angiospermas a través de su evolución, les ha permitido invadir y conquistar todos los hábitats terrestres posibles.

2.5.1. Partes del fruto

En sentido estricto, el pericarpio es la pared del ovario que queda tras la fecundación; en sentido amplio, puede abarcar también los tejidos extracarpelares asociados. La pared del fruto o pericarpio comprende tres capas: exocarpo, mesocarpo y endocarpo.

Lumbreras Editores

Exocarpo o epicarpo

Es la parte externa del fruto; está formado por la epidermis y los tejidos subyacentes. La superficie del exocarpo puede tener aspectos muy distintos. Puede ser lisa como en el pimiento, con ceras como en la uva y la ciruela, o pubescente como en el durazno.

Mesocarpo

Es la parte media y corresponde al parénquima del mesófilo del carpelo. Puede ser delgado y seco como en el caso del maíz, o abundante y carnoso como en el durazno. El gran desarrollo que alcanza el mesocarpo se debe a la multiplicación de las células parenquimáticas del mesófilo carpelar. La clorofila, los ácidos orgánicos (ácido málico, oxálico, cítrico) y otras sustancias como los taninos, van siendo reemplazadas por azúcares (glucosa, levulosa), antocianinas, vitaminas, esencias y, en algunos casos, almidón. Tales cambios originan frutos de colores vistosos y de sabores generalmente gratos.

Nota: Los frutos sin semilla son partenocárpicos: plátano, naranja sin semilla, etcétera.

Endocarpo

Es la capa interna del carpelo. Rodea directamente a las semillas, sirve a menudo para la protección de estas y, en algunos casos, puede ser muy dura y de consistencia pétrea formando el llamado hueso en el durazno. También puede ser carnoso como en la uva, apergaminado como en las vainas de las arvejas, pétreo como en la aceituna o con pelos jugosos como en los cítricos.

2.5.2. Funciones

Cualquiera que sea su origen y aspecto, el fruto cumple tres funciones principales:

- Contener y proteger a las semillas durante su desarrollo.
- Contribuir a su dispersión una vez que maduran.
- Atraer animales que favorezcan su dispersión.

El fruto, además de proteger a las semillas durante su desarrollo, deben contribuir a su diseminación, ya sea porque las dispersan o porque se desprenden junto con ellas de la planta madre.

En los espermatofitos primitivos la semilla aislada actúa como unidad funcional de diseminación. En las angiospermas, en cambio, esta función resulta impedida en principio, ya que las semillas quedan encerradas dentro de los carpelos maduros.

Por otro lado, la diseminación de las semillas es de particular importancia en las plantas para evitar que los descendientes de cada individuo permanezcan cercanos entre sí y de la planta madre, lo que incrementaría fuertemente la competencia entre ellos por recursos.

La dispersión lejos de la planta madre, no solo disminuye la posibilidad de competencia entre individuos cercanamente emparentados sino que también favorece la exploración y conquista de nuevos hábitats.

2.5.3. Estrategias de dispersión

Los frutos presentan diferentes estrategias de dispersión. Una de ellas, en el caso de los frutos **anemocoros**, es aprovechar el viento. Estos frutos suelen ser ligeros y tener estructuras como alas o pelos que les facilitan poder ser llevados por el viento, por ejemplo el fruto del arce.

Otra estrategia utilizada por los frutos **zoocoros** es aprovechar a los animales. Estos pueden dispersar los frutos de dos modos diferentes. El primero de ellos es sujetándose o enganchándose a las plumas o pelos; por ejemplo, los arrancamoños. En el segundo modo, los animales comen los frutos y con los jugos del aparato digestivo deshacen las cubiertas y expulsan junto con las heces las semillas, listas para germinar. Para atraer a los animales, estos frutos suelen tener colores llamativos, ser carnosos y jugosos.

Algunos frutos de plantas ligadas a hábitats acuáticos se dispersan gracias al agua, como el coco. Son los denominados **hidrocoros**. Finalmente, otros denominados frutos **autocoros** tienen mecanismos para abrirse y expulsar las semillas, por ejemplo las legumbres.

Además, existen plantas cuyos frutos son dispersados por más de un agente o vector (**policora**) y también ocurre que en algunos casos la planta presenta diversos tipos de frutos (**heterocarpia**).

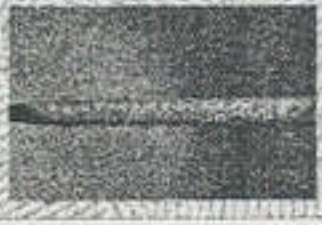
Humberto Editores

La consistencia de la pared del fruto permite categorizarlos en dos grupos básicos: secos y carnosos. Los frutos secos son aquellos cuyo pericarpio está formado a la madurez por células muertas y tiene un aspecto más o menos seco. Pueden ser indehiscentes o dehiscentes, con una sola semilla o con varias semillas.

En el caso de los frutos indehiscentes, los tegumentos del óvulo en su mayor parte desaparecen o se funden con el pericarpio. Los frutos carnosos, en cambio, se conservan suculentos hasta la madurez debido al desarrollo de una o más capas del pericarpio o de estructuras extracarpelares, y presentan células que se mantienen vivas. Pueden tener una cáscara como es el caso de la naranja, o no tenerla, como en el tomate.

twitter.com/calapenshko

La dehiscencia es la cualidad de abrirse solo, así que cuando llega el momento de la maduración los frutos simples dehiscentes se abren a lo largo de líneas o suturas definidas para permitir la liberación de las semillas.

Frutos dehiscentes	Características	Estructura
Folículo	Se forma a partir de un gineceo súpero, unicarpelar, dehiscencia, cuando madura se abre longitudinalmente de arriba hacia abajo. Ejemplo: asclepias.	
Legumbre	Originado a partir de un ovario unicarpelar, se abre longitudinalmente a lo largo de la sutura ventral del carpelo. Ejemplo: frejoles.	
Cápsula	Se forma a partir de un ovario súpero, formado por varios carpelos o pistilos soldados y que se abre de diversas maneras. Ejemplo: algodón.	
Silicua	Fruto alargado, que se origina a partir de un ovario formado por dos carpelos soldados entre sí, con placentación parietal. Ejemplo: col, rábanos.	

b. Frutos secos indehiscentes

Fruto que una vez maduro no se abre espontáneamente para dispersar las semillas; en este caso se dispersan conjuntamente fruto y semillas.

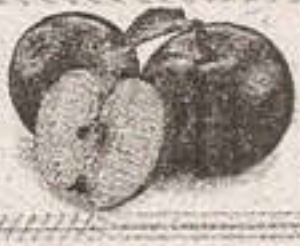
Frutos indehiscentes	Características	Estructura
Cariópside	Presenta ovario súpero, una semilla adosada al pericarpio. Fruto típico de los cereales como el trigo y el maíz.	
Sámara	Presenta el ovario súpero y pericarpio con alas. Es un tipo particular de aquenio que es dispersado por el viento. Ejemplo: arce.	
Aquenio	Presenta ovario súpero, pericarpio sin alas, consiste en una semilla separada del pericarpio. Por lo tanto, el pericarpio no está soldado a la semilla. Ejemplo: girasol.	
Nuez	Proveniente de un ovario ínfero, pluricarpelar. Se desarrolla solo un carpelo, los otros degeneran, el pericarpo es completamente esclerenquimático. Ejemplo: avellana.	
Legumbre indehiscente	Proveniente de un ovario súpero, unicarpelar, pluriseminado. El fruto tiene maduración aérea. Ejemplo: maní.	
Balausta	Fruto proveniente de ovario ínfero, pericarpo coriáceo, carpelos dispuestos en dos estratos, semillas con episperma jugoso. Ejemplo: granada.	

c. Frutos carnosos

Estos, al igual que los secos, pueden derivar de un gineceo monocarpelar o pluricarpelar. Sus paredes pueden estar constituidas solo del pericarpio o del pericarpio fusionado con los tejidos extracarpelares.

La parte más interna o la más externa o bien la totalidad de la pared del fruto pueden volverse carnosas por diferenciación del parénquima blando o suculento. Pueden también convertirse en carnosas otras partes además de la pared del fruto como, por ejemplo, las placentas y los tabiques de los ovarios multiloculares.

El pericarpio entero se convirte en un tejido carnoso, que reserva nutrientes y que actúa como un agente atractivo para que los animales lo consuman y dispersen las semillas que contienen.

Frutos carnosos	Características	Estructura
Baya	Deriva del ovario súpero, se caracteriza por el pericarpo carnoso y jugoso. Son frutos adaptados para que las semillas sean dispersadas por los animales. Ejemplo: uvas, tomate.	
Drupa	Deriva del ovario súpero. El endocarpo, llamado hueso, es lignificado y contiene generalmente una semilla. El mesocarpo es carnoso o fibroso. Ejemplo: durazno.	
Hesperidio	Baya modificada que deriva del ovario súpero, con epicarpo glanduloso y mesocarpo corchoso, blanco, llamado albedo. Ejemplo: naranja, mandarina, toronja.	
Peponide	Baya derivada de ovario ínfero, que contiene varios carpelos soldados con epicarpo endurecido en mayor o menor grado. Ejemplo: pepino, zapallo, calabaza.	
Pomo	Proveniente de un ovario ínfero, la pared del fruto está formada por tejido carpelar más el tubo floral de origen apendicular. Ejemplo: manzana, rosa, pera.	
Pseudobaya	Se diferencia de la baya por proceder de un ovario ínfero. El receptáculo es más consistente que los carpelos. Ejemplo: plátano.	

Otra forma de clasificar a los frutos es de acuerdo a la morfología del fruto, a menudo lo relacionan con el tipo de flor y de gineceo a partir del cual se desarrollan, haciendo énfasis en la relación de los carpelos entre sí y con otras partes de la flor. En una clasificación típica se distinguen los siguientes principales tipos de frutos:

- **Fruto simple.** Es el producido a partir de un pistilo único que puede consistir en uno varios carpelos unidos entre sí, por ejemplo el tomate.
- **Fruto agregado.** Es el fruto formado a partir de un gineceo compuesto por varios carpelos que se hallan libres entre sí, donde cada carpelo mantiene su identidad en la madurez, por ejemplo la fresa y la frambuesa.
- **Fruto múltiple.** Es el derivado de una inflorescencia, es decir, de los gineceos combinados de muchas flores, por ejemplo el higo y la piña.
- **Fruto accesorio.** Si cualquiera de esos frutos contiene tejido extracarpelar, por ejemplo una manzana es un fruto simple accesorio, la fresa es un fruto agregado accesorio y la mora un fruto múltiple accesorio.

Los frutos que no contienen semillas viables se llaman **partenocárpicos**, por ejemplo el plátano.

3.5. GERMINACIÓN

Se denomina así al proceso por el que se reanuda el crecimiento embrionario después de la fase de descanso. Este fenómeno no se desencadena hasta que la semilla no ha sido transportada a un medio favorable por alguno de los agentes de dispersión.

Durante la germinación el agua se difunde a través de las envolturas de la semilla y llega hasta el embrión, haciendo que la semilla se hinche, a veces hasta el extremo de rasgar la envoltura externa. Diversas enzimas descomponen los nutrientes almacenados en el endospermo o en los cotiledones en sustancias más sencillas que son transportadas hacia el interior del embrión. El oxígeno absorbido permite a la semilla extraer la energía contenida en estos azúcares de reserva, y así poder iniciar el crecimiento. La radícula es el primer elemento embrionario en brotar a través de la envoltura de la semilla. Forma los pelos radiculares que absorben agua y sujetan el embrión al suelo. A continuación empieza a alargarse el hipocótilo, que empuja la plúmula y, en muchos casos, el cotiledón o los cotiledones hacia la superficie del suelo. Los cotiledones que salen a la luz forman clorofila y llevan a cabo la fotosíntesis hasta que se desarrollan las hojas verdaderas a partir de la plúmula. En algunas especies, sobre todo de gramíneas, los cotiledones no alcanzan nunca la superficie del suelo, y la fotosíntesis no comienza hasta que no se desarrollan las hojas verdaderas; mientras tanto, la planta subsiste a costa de las reservas nutritivas almacenadas en la semilla.

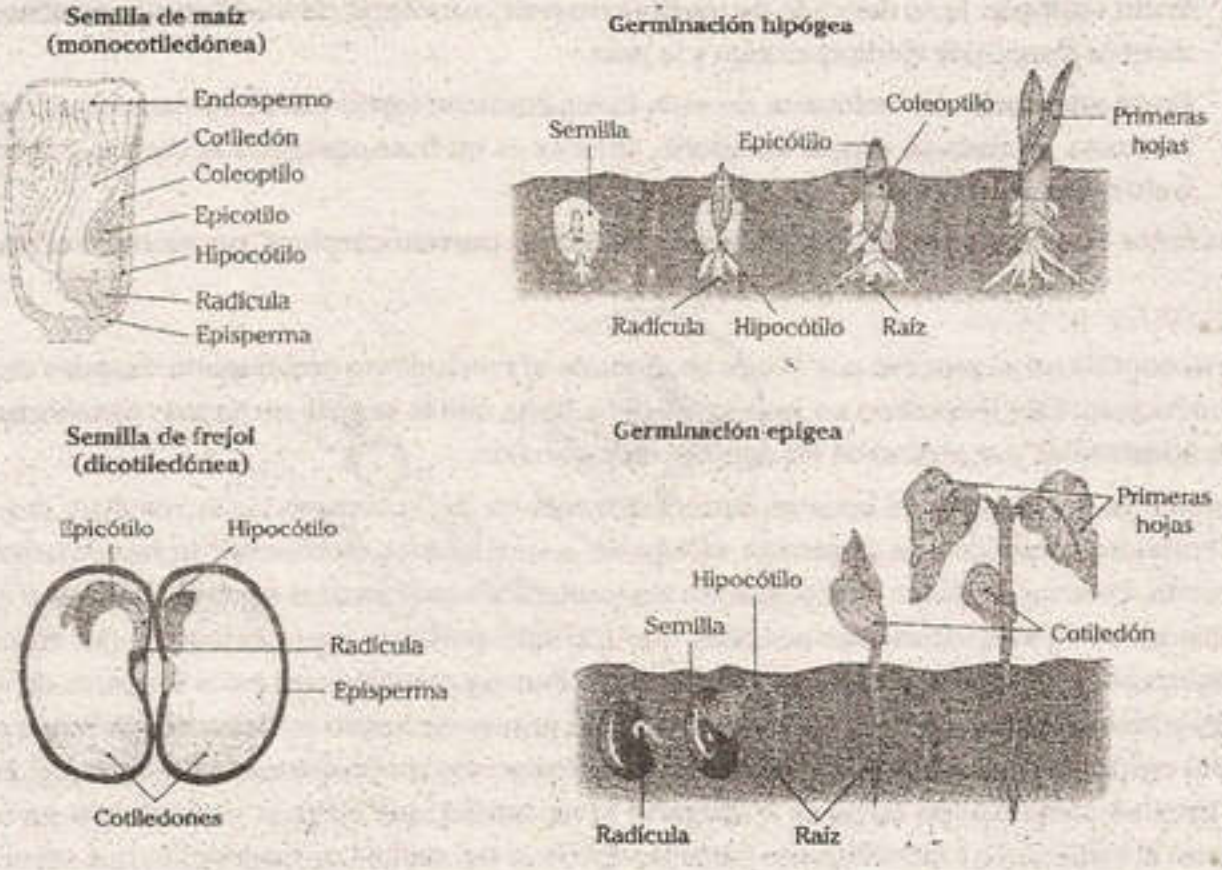
Para ello, tiene que haber un proceso de hidrólisis y movilización que genere moléculas más simples que puedan ser utilizadas por la plántula en desarrollo. La hidrólisis de proteínas está catalizada por diversos tipos de enzimas proteasas, para que se liberan aminoácidos. La movilización de lípidos implica a tres tipos de orgánulos: los cuerpos lipídicos, los glioxisomas y las mitocondrias.

El almidón, principal carbohidrato de reserva, puede hidrolizarse mediante la acción de las enzima α-amilasa o por el almidón fosforilasa, liberándose monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos. La movilización de las reservas de fosfato se produce por acción de la enzima fitasa. El embrión puede ejercer un control de las distintas actividades enzimáticas mediante las hormonas.

El ejemplo más típico de control hormonal es el de la hidrólisis de almidón por activación de las α-amilasas mediada por giberelinas. Mientras que las giberelinas, y parece ser que también el etileno, tienen un claro efecto estimulador de la germinación, el ácido abscísico, por el contrario, inhibe los procesos relacionados con la germinación.

Por último, existen dos tipos de germinación: la hipógea, desarrollada en las plantas monocotiledóneas como el maíz, y la germinación epígea, desarrollada en las plantas dicotiledóneas como el caso del frejol.

TIPOS DE GERMINACIÓN EN LAS PLANTAS ANGIOSPERMAS



Referencias bibliográficas

- AUDESIRK, Teresa. *La vida en la tierra*. Octava edición. México: Prentice Hall, 2008.
- CURTIS, H. *Vida, La ciencia de la biología*. Sexta edición. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- CURTIS, Helena y N. Sue BARNES. *Biología*. Sexta edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2006.
- SOLOMON, E.; BERG, L.; MARTIN, D. y C. VILLEE. *Biología*. Octava edición. México: McGraw-Hill Interamericana, 2008.
- STARR, Cecie; TAGGART, Ralph; EVERS, Christine y Lisa STARR. *Biología. La unidad y diversidad de la vida*. Décima edición. México D. F.: Editorial Thomson, 2004.

LECTURA

Conservación de orquídeas: letra muerta en el Perú

La tasa de deforestación de nuestros bosques va a un ritmo de 300 mil hectáreas al año. Con ello, no solo se ven afectadas las orquídeas, sino también muchas otras especies de la flora y fauna de estas zonas. En cuanto a las orquídeas, sus semillas ya no pueden encontrar árboles adecuados para implantarse y generar nuevas plantas. Está situación se ve agravada por la gran colecta indiscriminada de orquídeas en estado natural. Estos colectores-depredadores-comerciantes abastecen sin excepción los viveros de Piura, Amazonas, San Martín, Huánuco, Loreto y Lima. Para esta "plaga" ninguna zona está libre de ser "limpiada", las colectan por miles y las transportan en sacos, utilizando todas las vías de transporte posibles.

Al respecto, de acuerdo a dispositivos legales, está permitida la exportación de orquídeas siempre y cuando estas hayan sido reproducidas en viveros o en laboratorio (*in vitro*). El descontrol en este caso ha dado como resultado la inexistencia de la propagación *in vitro* en los viveros dedicados a la exportación de orquídeas. En el tráfico ilícito de nuestras orquídeas es práctica conocida que las plantas recién depredadas, se laven y acicalen para que parezcan cultivadas y reproducidas en un vivero, para luego el exportador presentarlas al control correspondiente.

La otra modalidad para sacar orquídeas al exterior es la del intercambio cultural. De acuerdo a las cláusulas legales deben salir y regresar las mismas plantas, además deben estar en floración, sino ¿qué exposición puede hacerse en el extranjero con orquídeas sin flores? Estas orquídeas una vez que salen, ya no regresan. Frente al grave problema de conservación de las orquídeas, parece que la única solución está del lado de la biotecnología, con el cultivo *in vitro* de semillas. De este modo se lograría producir plántulas por millares. Además de la creación de un banco de germoplasma en orquídeas. Conservar este valioso recurso, es tarea de todos. Preocupa sobremanera la no existencia de una entidad única y responsable directa, ya que muchas comparten esta tarea, pero solo teóricamente.

Revista Caretas N.° 1536 p.17 Lima, 2007 David E. Bennett Jr. investigador asociado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Preguntas resueltas

Pregunta 1

La doble fecundación en las plantas angiospermas ocurre en

A) la primina.
B) la secundina.
C) la nucela.
D) el estigma.
E) el óvulo.

Resolución

La doble fecundación es el proceso que ocurre en el óvulo de las flores de las angiospermas y en donde dos núcleos espermáticos fecundan dos tipos de células distintas existentes en el óvulo de la flor, denominadas oósfera y célula polar.

Clave: B

Pregunta 2

La cubierta protectora más externa del óvulo de la planta recibe el nombre de

A) exina.
B) intina.
C) primina.
D) secundina.
E) nucela.

Resolución

Un óvulo consta de un cuerpo de tejido compacto, la nucela y un pie, el funículo, que lo une a la placenta. La región basal, donde se unen el funículo y la nucela, es la chalaza. La nucela es un tejido nutricio y está rodeada por dos tegumentos, la primina hacia la parte externa y la secundina hacia la parte interna. Además el óvulo tiene un orificio llamado micropilo.

Clave: C

Pregunta 3

¿Qué semilla se caracteriza por poseer endospermo líquido?

A) frejol
B) arveja
C) coco
D) maíz
E) diente de león

Resolución

El endospermo es un depósito de alimentos para el embrión de las semillas de diversas plantas angiospermas. En el caso del coco su endospermo es líquido.

Clave: C

Pregunta 4

Se le considera como la flor más grande del planeta, pudiendo llegar a alcanzar un diámetro de un metro y un peso de 9 kilos.

A) la secuoya
B) los sépalos
C) los pinos
D) la rafflesia
E) los ulcumanos

Resolución

Rafflesia es un género de plantas parásitas, no tienen hojas y casi tampoco tallo; consisten principalmente en una flor de cinco pétalos con un diámetro superior a los 106 cm y un peso mayor a los 10 kg, aproximadamente. Las flores huelen a carne en descomposición y a menudo atraen moscas; es la flor más grande del mundo.

Clave: D

¡Lumbreras Editores

Pregunta 5

Se denomina ..... a la formación de semillas sin fecundación.

A) anfimixis
B) partenocarpia
C) apomixis
D) infrutescencia
E) inflorescencia

Resolución

Se denomina apomixis a la reproducción asexual por medio de semillas. Las plantas que presentan este tipo de reproducción producen sus semillas sin que ocurra meiosis ni fertilización, por lo que sus descendientes son genéticamente idénticos a la planta madre.

Clave C

Pregunta 6

Es la disposición de las flores sobre una rama o la extremidad del tallo.

A) inflorescencia uniflora
B) infrutescencia
C) inflorescencia pluriflora
D) partenocarpia
E) anfimixis

Resolución

La inflorescencia son un conjunto de flores que surgen de una base del tallo y que pueden presentar una sola flor, como en el caso del tulipán, o constar de dos o más flores como en el gladiolo. En el primer caso se denominan inflorescencias unifloras y en el segundo se las llama plurifloras.

Clave C

Pregunta 7

La vaina cerrada del embrión de las semillas en monocotiledóneas que representa la primera hoja de la plántula que encierra a la plúmula, se denomina

A) epicótilo.
B) coleóptilo
C) hipocótilo.
D) endospermo.
E) episperma.

Resolución

El coleóptilo es una estructura característica del embrión de la familia de las gramíneas, el cual es, en realidad, una primera hoja modificada de tal modo que forma una caperuza cerrada sobre las hojas siguientes y el meristema apical.

Clave B

Pregunta 8

Es la cubierta exterior dura de los granos de polen.

A) intina
B) primina
C) secundina
D) micropila
E) exina

Resolución

La exina es la membrana externa del grano de polen, gruesa y a menudo con grabaduras o relieves, tales como surcos, alvéolos, filetes en resalto, retículos, verrugas, acículas, etc. Está constituida por esporopolenina, de tan extraordinaria resistencia que persiste inalterada en los granos de polen durante milenios.

Clave E

Lumbreras Editores

Pregunta 9

Material de naturaleza albuminoidea que aparece con aspecto de gránulos formando una capa en las semillas, especialmente en los cereales.

A) endosperma
B) episperma
C) tegmen
D) aleurona
E) escutelo

Resolución

La aleurona es el conjunto de gránulos proteícos presentes en las semillas de diversas plantas, generalmente localizados en la parte externa del endospermo. Su etimología proviene de la palabra griega *aleuron* que significa 'harina'.

Clave D

Pregunta 10

En los ecosistemas tropicales, los murciélagos nectarívoros son los polinizadores principales. ¿Qué tipo de polinización realizan estos mamíferos?

A) entomógama
B) antropomógama
C) anemógama
D) ornitomógama
E) quiroptógama

Resolución

La quiroptogamia es un tipo de polinización realizada por algunas especies de murciélagos, estos mamíferos voladores se alimentan del néctar y del polen de algunas plantas que mantienen abiertas sus flores durante la noche.

Clave E

Pregunta 11

El tejido que rodea el embrión de algunas plantas, como el trigo, y que le sirve de alimento cuando la semilla germina se denomina

A) primina.
B) albumen.
C) hipocótilo.
D) epicótilo.
E) testa.

Resolución

El albumen o endospermo es la capa interna del grano de trigo que constituye el 80% del contenido y constituye la principal reserva de carbohidratos bajo la forma de almidón, su principal función es brindar energía durante el crecimiento de la semilla en la germinación. Por lo tanto, el tejido que rodea al embrión es el endospermo o albumen.

Clave B

Pregunta 12

La parte interna del óvulo o rudimento seminal de las plantas fanerógamas, donde se forman los sacos embrionales es

A) el germen.
B) la nucela.
C) el tegmen.
D) el testa.
E) el funículo.

Resolución

La parte central del óvulo es la nucela y se le suele considerar como el megaesporangio, en su interior las megaesporas funcionales germinan y dan origen al saco embrionario, por lo tanto, se le considera un tejido nutricio durante la megaesporogénesis.

Clave B

Lumbreras Editores

Pregunta 13

Es una parte de la semilla de trigo que crece y se convierte en la nueva planta.

A) endospermo
B) tegmen
C) epispermo
D) germen
E) albumen

Resolución

El germen de trigo es el embrión de la planta de trigo, está constituido además por reservas de proteínas, vitaminas del complejo B y se utiliza como un complemento idóneo para mantener el equilibrio nutricional.

Clave D

Pregunta 14

Los ..... son hojas modificadas que forman la parte reproductiva femenina de la flor y su conjunto se denomina ..... .

A) rudimentos - androceo
B) carpelos - corola
C) pistilos - cáliz
D) carpelos - gineceo
E) ovarios - óvulos

Resolucion

Los carpelos son hojas modificadas que forman la parte reproductiva femenina de la flor de las plantas angiospermas; son la unidad básica del gineceo. El gineceo es la parte femenina de las flores en las plantas angiospermas, es el cuarto verticilo en una flor completa y está formado por los antófilos llamados carpelos. Es decir, los carpelos en conjunto forman el gineceo.

Clave D

Pregunta 15

Es la estructura que recubre a toda la semilla y se desarrolla a partir del ovario en las plantas angiospermas.

A) mesocarpio
B) pericarpio
C) endocarpio
D) exocarpio
E) epicarpio

Resolución

El pericarpio de un fruto está formado al menos a partir de la pared del ovario que, principalmente por efecto de las auxinas sintetizadas en los primordios seminales una vez que son fecundados, adopta un grosor y consistencia muy variable en función del tipo de fruto de que se trate. En el pericarpo pueden distinguirse tres capas, de fuera a dentro: epicarpo, mesocarpo y endocarpo.

Clave B

Pregunta 16

La forma de dispersión de las semillas que presenta *Cocos nucifera* "coco", se conoce como

A) anemocoria.
B) zoocoria.
C) hidrocoria.
D) autocoria.
E) mirmemocoria.

Resolución

La hidrocoria es la diseminación por medio del agua, frecuente en plantas acuáticas de pantanos, de selvas marginales. Los frutos de *Cocos nucifera* pueden flotar en el mar por largos periodos y germinan cuando llegan a la playa.

Clave C

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Una flor es un brote especializado que puede tener hasta cuatro anillos de hojas modificadas. Al cuarto verticilo floral se le denomina

A) cáliz.
B) corola.
C) androceo.
D) gineceo.
E) brácteas.

2. Un estambre está constituido por ..... y .....

A) el tubo polínico - la antera.
B) el tubo polínico - el filamento.
C) el filamento - el estigma.
D) la antera - las tecas.
E) el filamento - la antera.

3. En una planta que carece de flores como el pino, la polinización será de tipo

A) anemógama.
B) hidromógama.
C) ornitomógama.
D) quiroptomógama.
E) entomógama.

4. La célula ..... es la responsable de la formación del tubo polínico.

A) del tegumento
B) vegetativa
C) generatriz
D) sinérgida
E) polar

5. En la fecundación de las plantas superiores, la fusión de uno de los núcleos espermáticos con los núcleos polares originará

A) el endospermo.
B) el embrión.
C) el cotiledón.
D) la semilla.
E) la nucela.

6. Indique cuáles de las siguientes estructuras son componentes de la semilla.

A) antera y endospermo
B) endocarpio y endospermo
C) teca y primina
D) placenta y embrión
E) endospermo y embrión

7. El embrión de la semilla surgirá a partir de la fusión de ..... con ....., durante la reproducción sexual.

A) la célula polar - el anterozoide
B) las antípodas - el anterozoide
C) la ovocélula - la célula polar
D) el anterozoide - la oosfera
E) el anterozoide - las sinérgidas

8. La primera estructura en salir de la semilla durante su germinación es el

A) cotiledón.
B) endospermo.
C) endocarpo leñoso.
D) epicótilo.
E) hipocótilo.

Lumbreras Editores

9. Señale la alternativa correcta con respecto a la reproducción sexual en las plantas angiospermas.
   I. Las macroesporas se desarrollan en el óvulo.
   II. Todas las plantas realizan doble fecundación.
   III. El perigonio está formado por sépalos y pétalos.

   A) solo III es verdadera
   B) I, II y III son verdaderas
   C) Solo III es falsa
   D) II y III son falsas
   E) I, III y IV son verdaderas

10. Es correcto con respecto al tubo polínico.

   A) Su formación se inicia cuando el polen llega al ovario.
   B) Permite el paso de las células espermáticas.
   C) Conecta el estigma con el ovario del pistilo.
   D) Es formado por la célula generatriz.
   E) Es la proyección de la cubierta externa del polen.

11. No es una característica de las gimnospermas.

   A) tienen semillas con varios cotiledones.
   B) su fase dominante es la esporofita.
   C) pertenecen a la división espermatofita.
   D) presentan fruto con semillas.
   E) habitan generalmente regiones frías.

12. Se define a la polinización como

   A) la formación del anterozoide y de la ovocélula, respectivamente.
   B) la fusión de los gametos masculinos y femeninos.
   C) el traslado del polen de la antera al estigma del pistilo.
   D) el desarrollo del anteridio y arquegonio sobre el gametofito.
   E) la formación del grano de polen en la flor.

13. Marque verdadero (V) o falso (F) con respecto a la doble fecundación.
   I. La ovocélula se une al anterozoide para formar el cigoto. ( )
   II. La célula polar participa en la segunda fecundación. ( )
   III. Las sinérgidas y las antípodas no participan en la doble fecundación. ( )
   IV. Las células espermáticas participan solo en la primera fecundación. ( )
   V. La segunda fecundación origina al endospermo. ( )

   A) VVVVV B) VVFVV C) VVVFV
   D) FVVVF E) FVVVV

14. La reproducción vegetativa artificial es realizada por el hombre con la finalidad de aumentar el rendimiento de cultivos como el palto, señale de las alternativas cuál indica una forma de esta reproducción.

   A) rizomas
   B) estolones
   C) injertos
   D) tubérculos
   E) propágulos

15. La planta de papa se reproduce asexualmente por tallos de tipo

   A) rizomas.
   B) tubérculos.
   C) ésquejes.
   D) estolones.
   E) estacas.

Lumbreras Editores

16. Con respecto a la reproducción sexual en angiospermas indique qué premisas son verdaderas (V) o falsas (F).
    I. El grano de polen es el gametofito masculino.
    II. La oosfera es la célula gamética femenina.
    III. La célula espermática se forma a partir de la célula generatriz.
    IV. El óvulo fecundado origina a la semilla.

    A) FVVF B) VVVV C) FVFV
    D) VVFV E) VVVF

17. La polinización realizada por los insectos se denomina

    A) ornitógama
    B) quiroptógama
    C) entomógama
    D) antropógama
    E) anemógama

18. La porción fértil del estambre y del pistilo son, respectivamente,

    A) antera y estigma.
    B) estilo y ovario.
    C) filamento y estilo.
    D) antera y ovario.
    E) ovario y ovulo.

19. La espiga es un tipo de inflorescencia que se presenta en las plantas de

    A) girasol. B) geranio. C) trigo.
    D) tulipán. E) hinojo.

20. El micropilo es una abertura del óvulo que se caracteriza por

    A) ser el canal de ingresa del tubo polínico.
    B) estar formado por haces vasculares.
    C) originar a la ovocélula y las sinérgidas.
    D) eliminar los desechos hacia el exterior.
    E) ser un canal de salida de las semillas.

21. Los anterozoides o núcleos espermáticos de las antofitas son originados por un proceso de

    A) megasporogénesis.
    B) cariocinesis.
    C) microsporogénesis.
    D) gametogénesis.
    E) citocinesis.

22. El número cromosómico de una planta "A" diploide es 40, por lo tanto, el endospermo de la semilla tendría ..... cromosomas.

    A) 40 B) 30 C) 20
    D) 10 E) 60

23. En el interior del grano de polen se encuentra la célula que por mitosis origina el tubo polínico.

    A) oosfera
    B) vegetativa
    C) sinérgida
    D) antípoda
    E) generatriz

24. Las células que intervienen en la primera fecundación de las plantas angiospermas son

    A) sinérgida y ovocélula.
    B) antípodas y anterozoide.
    C) ovocélula y anterozoide.
    D) microspora y macroespora.
    E) célula polar y anterozoide.

Lumbreras Editores

JOHNNY RODOLFO CÁCERES ROJAS

twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO XIV

FITOHORMONAS

Objetivos

- Entender el concepto de fitorregulador, comprendiendo cómo estas sustancias coordinan los procesos de crecimiento y desarrollo.
- Estudiar los principales grupos de hormonas vegetales.
- Comprender el papel que juegan las fitohormonas en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Introducción

Las fitohormonas son sustancias químicas producidas por algunas células vegetales, siendo capaces de regular los fenómenos fisiológicos de las plantas. Se producen en pequeñas cantidades en regiones como los meristemos, las hojas, las flores y los frutos en crecimiento; también se producen en las zonas de regeneración inducidas por las heridas, lesiones y tumores. Pueden actuar en el propio tejido donde se sintetizan o en otras partes de la planta.

Las hormonas vegetales controlan un gran número de sucesos, entre ellos el crecimiento, la caída de las hojas, la floración, la formación de frutos, la germinación, la maduración de frutos y la senescencia.

Una fitohormona interviene en varios procesos, y del mismo modo todo proceso está regulado por la acción de varias fitohormonas. Se establecen fenómenos de antagonismo y balance hormonal que conducen a una regulación precisa de las funciones vegetales, lo que permite solucionar el problema de la ausencia de sistema nervioso. Además, ejercen sus efectos mediante complejos mecanismos moleculares, que desembocan en cambios de la expresión genética, en el citoesqueleto, la regulación de las vías metabólicas y el cambio de los flujos iónicos.

Por lo tanto, los reguladores de crecimiento son moléculas con una configuración determinada con la que se pueden unir a receptores específicos, para transmitir a la célula las pautas de desarrollo y diferenciación que deben seguir. Son los encargados de inducir expresiones génicas específicas, y su efecto dependerá no solo de su presencia o ausencia, sino de su concentración y de la sensibilidad de la propia célula. Esta sensibilidad es la capacidad que tienen las células para reaccionar frente a una cantidad de regulador, dependiendo esto del número de receptores disponibles capaces de captar el estímulo a concentraciones bajas, altas y óptimas.

1▸ HORMONAS VEGETALES

El estudio de las hormonas vegetales y sus efectos es un gran desafío porque son eficaces en cantidades pequeñas y cada hormona causa muchas respuestas diferentes. Esto contrasta con lo que ocurre en el caso de las hormonas animales, que suelen ser muy específicas. Además, los efectos de distintas hormonas vegetales se superponen, de modo que es difícil determinar cuál es la hormona que causa la principal respuesta. Asimismo, las hormonas vegetales pueden estimular una reacción o inhibirla, dependiendo de las concentraciones.

1.1. CARACTERÍSTICAS

Normalmente las plantas crecen y se desarrollan de una manera ordenada y organizada. Los distintos órganos deben coordinar entre sí sus acciones bioquímicas, de manera que se mantengan integradas en un todo.

Desde el punto de vista hormonal, se puede definir el crecimiento y desarrollo como fenómenos fundamentales integrados por múltiples procesos vitales ordenados en cierta secuencia y regidos por un complejo hormonal.

Las hormonas vegetales poseen las siguientes características:

- Se producen en casi todas las células, variando la cantidad y calidad según el órgano.
- Afectan el desarrollo y crecimiento de los vegetales a muy bajas concentraciones.
- Ejercen efectos pleiotrópicos, o sea actúan en numerosos procesos fisiológicos.
- Químicamente son compuestos orgánicos.

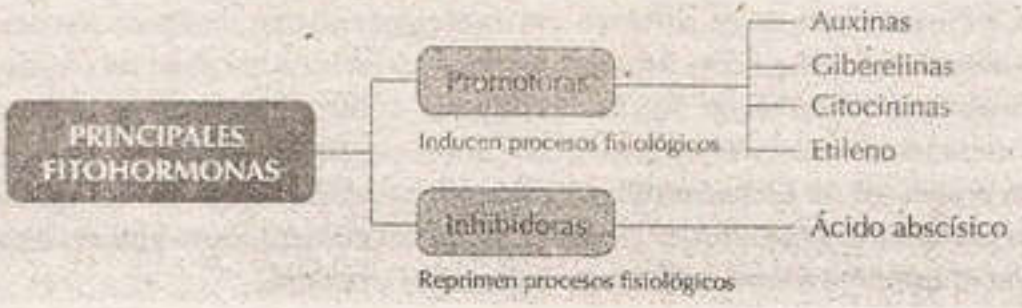
1.2. INTERACCIONES HORMONALES

Las hormonas interactúan entre ellas por distintos mecanismos:

- **Sinergismo.** La acción de una determinada sustancia se ve favorecida por la presencia de otra.
- **Antagonismo.** La presencia de una sustancia evita la acción de otra.
- **Balance cuantitativo.** La acción de una sustancia depende de la concentración de otra.

2▸ PRINCIPALES FITOHORMONAS

Las fitohormonas pertenecen a cinco grupos conocidos de compuestos que ocurren en forma natural, cada uno de los cuales exhibe propiedades fuertes de regulación del crecimiento en plantas, y cada cual con su estructura particular y activos a muy bajas concentraciones dentro de la planta: auxinas, citocininas, giberelinas, etileno y ácido abscísico. Otras sustancias que eventualmente pueden clasificarse como fitohormonas son las *poliaminas*, los jasmonatos, el ácido salicílico, los brasinosteroides y la sistemina.

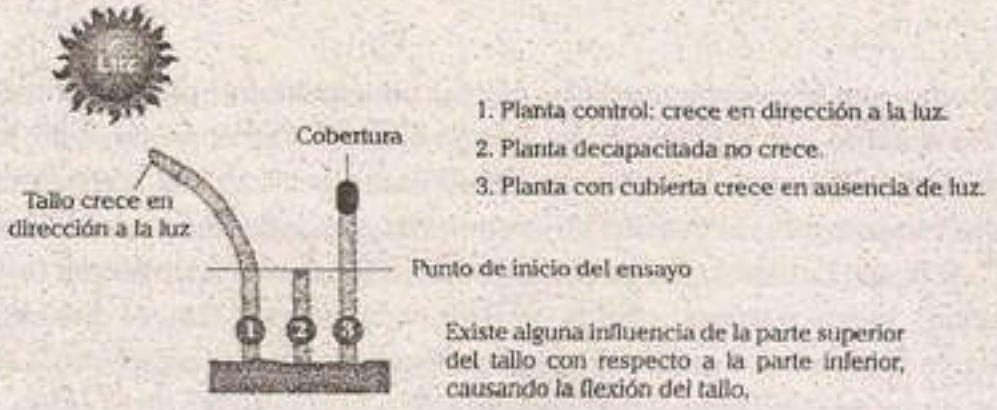


3. AUXINAS

Fueron los primeros reguladores de crecimiento vegetal en ser descubiertas. Los experimentos realizados en 1880 por Charles Darwin y su hijo Francis fueron la base de dicho descubrimiento. Sus estudios trataron sobre el fototropismo, o sea el crecimiento de las plantas hacia la luz.

Usaron plantas de alpiste recién germinadas, como en todos los pastos, la primera parte de la plántula en emerger del suelo es el coleóptilo. Cuando los coleóptilos se exponen a la luz de una sola dirección, se flexionan hacia esta. La flexión ocurre cerca a la punta del coleóptilo.

LAS AUXINAS ESTIMULAN LA DOMINANCIA APICAL



Los Darwin trataron de influir en esta flexión de varias maneras. Por ejemplo, cubrían la punta del coleóptilo en cuanto emergía del suelo. Aunque cubrieran la parte del coleóptilo situada arriba del punto de flexión, las plantas tratadas de esta manera no se flexionaban.

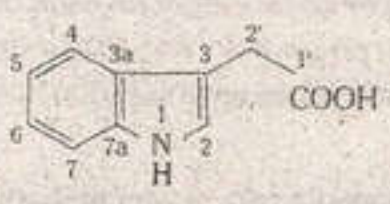
En otras plántulas, la flexión no ocurría al ser cortada la punta del coleóptilo, sin embargo, cuando la parte inferior de un coleóptilo intacto se aislaba de la luz, este aún se flexionaba hacia la fuente luminosa. Con base en este experimento, concluyeron que "alguna influencia se transmite desde la parte superior hacia la inferior, causando su flexión".

3.1. ESTRUCTURA QUÍMICA

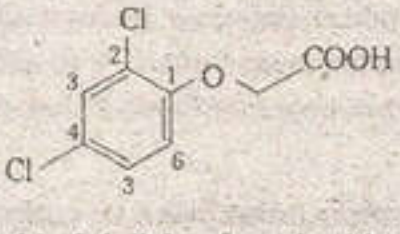
El ácido indolacético (AIA) es la forma predominante, sin embargo, evidencia reciente sugiere que existen otras auxinas indólicas, como el ácido feniacético (AFA) y el ácido indolpropiónico (AIP).

Además existen otras auxinas que son sintéticas y usadas en la agricultura, por ejemplo:

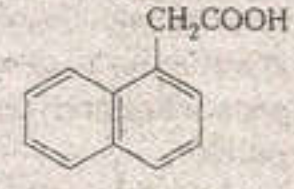
- Ácido naftalenacético (ANA): actúa en el enraizamiento de estacas leñosas.
- Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D): actúa como herbicida y evita la caída de frutos.



Ácido-3-indolacético
(AIA)



Ácido-2,4-diclorofenoxiacético
(2,4-D)



Ácido naftalén-1-acético
(ANA)

El AIA se sintetiza a partir del aminoácido triptófano presente en los tejidos vegetales, ya sea en forma libre o incorporada. La auxina es sintetizada por las células del meristemo apical del tallo, ramas y en las yemas cuando están en desarrollo.

La producción de auxinas puede estar ligada al cámbium, de tal forma que la autolisis del contenido citoplasmático de las células del xilema libere triptófano; el cual es transformado en AIA.
Una característica sorprendente de la auxina es la fuerte polaridad exhibida en su transporte a través del xilema y floema. La auxina es transportada activamente desde el ápice de la planta hacia su base (transporte basipétalo) disminuyendo su concentración durante el recorrido.

Las auxinas promueven el crecimiento de las plantas principalmente por un aumento de la expansión celular. De acuerdo con la hipótesis del "efecto ácido" sobre el crecimiento, las auxinas estimulan la actividad de la bomba de protones (H^+-ATPasa) localizada en la membrana plasmática a través de dos mecanismos: activación de las bombas preexistentes y por inducción de síntesis de nuevas H^+-ATPasas. La extracción de protones hacia la pared celular genera una reducción del pH (acidificación), lo que a su vez activaría proteínas que rompen enlaces de hidrógeno entre los constituyentes de la pared. Los candidatos más probables para este papel inicial son las expansinas, proteínas de pared que favorecerían inicialmente a la plasticidad de la célula. Otras enzimas hidrolíticas actuarían posteriormente y la célula crecería como resultado de la presión de turgencia generada por la vacuola y por el depósito de nuevos materiales, cuya síntesis y transporte también parecen ser regulados por auxinas.

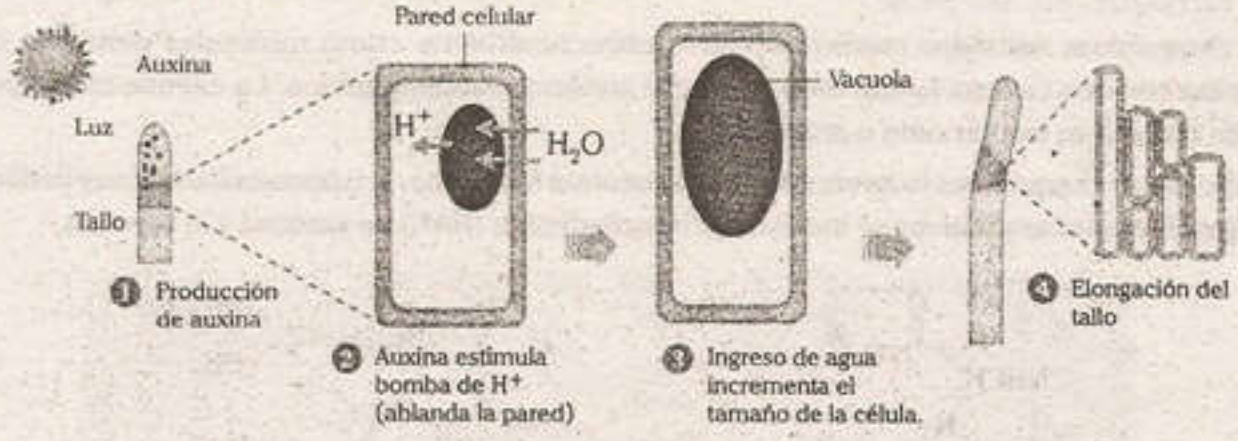
- **Dominancia apical.** El flujo de auxina desde la yema apical reprime el desarrollo de los brotes axilares a lo largo del tallo, favoreciendo el crecimiento del tallo principal, por lo que a medida que el nivel de auxina baja en el tallo, las ramas crecen mucho más. Este proceso es útil para el desarrollo de plantas.
- **Induce el fototropismo.** La auxina se dirige a la zona oscura de la planta, produciendo que las células de esa zona crezcan más que las correspondientes células que se encuentran en la zona clara de la planta. Esto produce una curvatura de la punta de la planta hacia la luz, movimiento que se conoce como fototropismo positivo.
- **Desarrollo de frutos.** La auxina producida por las semillas en desarrollo estimula la formación del fruto. Cuando se aplican auxinas a determinadas flores en las cuales no ha ocurrido la fecundación, el ovario aumenta de tamaño y se convierte en un fruto sin semilla (frutos partenocárpicos); por ejemplo, bajo este modo se han producido uvas, naranjas y tomates sin semilla.
- **Estimula la formación de raíces adventicias.** Lo cual es importante para el enraizamiento en reproducción vegetativa mediante estacas en cultivos de manzano, peras, cítricos, etcétera.

Lumbreras Editores

- **Favorece el alargamiento o elongación celular.** Al activar el mecanismo de la bomba de protones (ATPasa) en la membrana plasmática acidificando la pared, un efecto secundario mediado por la síntesis de enzimas extensinas para el debilitamiento de la pared y el complejo celulosa sintasa para la síntesis de nuevas moléculas de celulosa. Esta respuesta llamada **crecimiento ácido** es rápida y produce la plasticidad de la pared. Además se facilita el ingreso de agua que se almacena en la vacuola, esto aumenta la presión de turgencia permitiendo la elongación celular.

La mayor acidez generada por la bomba de protones hace permeable la pared produciendo la elongación del tallo.

ELONGACIÓN DEL TALLO POR ACCIÓN DE LAS AUXINAS



En la práctica, el empleo artificial de las auxinas tiene los siguientes usos:

- Facilitar el enraizado de las estacas.
- Retrasar la maduración de las frutas para extender la cosecha fuera de la temporada y aprovechar con ello la ventaja del precio cuando las frutas escasean.
- Cambiar la época de la floración (generalmente se retrasa) que tiene la ventaja ya tratada de extender la fructificación a una temporada donde normalmente no hay frutas.
- Aumentar el tamaño de los frutos. Muchos frutos crecen adicionalmente cuando son tratados con auxinas.
- Producción de frutos sin polinización. Algunos frutales que necesitan polinización cruzada producen frutas normales sin semillas al ser tratados con auxinas.
- Estimular el desarrollo de frutos a partir del ovario con o sin fecundación (frutos partenocárpicos carentes de semilla) como las uvas, tomates y naranjas sin semilla. De forma ordinaria, las semillas son una fuente de auxinas, así al extirpar las semillas de la fresa durante el desarrollo del fruto estas dejan de crecer.

3. CITOCININAS

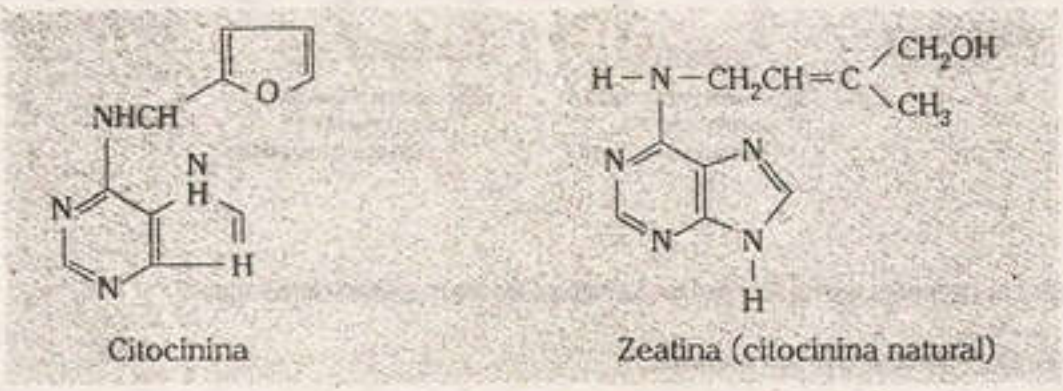
En los decenios de 1940 Johannes van Overbeek, y más tarde F.C. Steward y sus colaboradores, buscaban sustancias que pudieran inducir a las células vegetales a dividirse en cultivos de tejidos. Se descubrió que las células no se dividían en ausencia de una sustancia que se encontró en el agua de coco, la composición química de esta sustancia era compleja, por lo que la sustancia inductora de la división celular tardó un tiempo en identificarse.

Finalmente, la sustancia activa fue aislada y se le llamó citocinina, porque induce la división celular (citocinesis). En 1963 se identificó en el maíz la primera citocinina y se le llamó la zeatina, que se originaba a partir de la degradación del ARN, y desde entonces se ha logrado extraer de otras plantas varias moléculas similares. Sin embargo, es poco lo que se sabe sobre la biosíntesis natural y el mecanismo de acción de la citocinina, cuya estructura es similar a la adenina del ADN y ARN.

4.1. ESTRUCTURA QUÍMICA

Las citoquininas naturales pueden definirse estructuralmente como moléculas derivadas de la adenina con una cadena lateral unida al grupo amino del anillo purínico. La cadena lateral puede ser de naturaleza isoprenoide o aromática.

Dentro de las citoquininas isoprenoides se encuentran la zeatina, la isopenteniladenina y la dihidrozeatina. Entre las aromáticas se incluyen la benciladenina (BAP), la kinetina y la topolina.



Citocinina

Zeatina (citocinina natural)

4.2. BIOSÍNTESIS Y TRANSPORTE

Las citocininas se sintetizan a partir de derivados de adenina en cualquier tejido vegetal: tallos, raíces, hojas, flores, frutos o semillas, aunque se acepta generalmente que es en las raíces donde se producen las mayores cantidades de estas hormonas.

Regularmente, hay producción de citocininas en sitios y momentos en los que haya iniciado un proceso de diferenciación o una intensa división celular, sea porque se requiere para inducir el proceso o porque las nuevas células formadas sintetizan mayores cantidades de esta hormona.

La aplicación externa de citocininas a un tejido que necesite de la hormona, promueve en este un mecanismo autoinductor de síntesis de citocininas, con lo que su contenido y efecto fisiológico puede ir más allá del sitio en el que se aplicó (a todos los órganos de la planta), produciendo beneficios más generalizados.

El transporte de la citocinina en la planta es por la vía acropétala, desde el ápice de la raíz hasta los tallos, moviéndose a través de la savia en los vasos correspondientes al xilema.

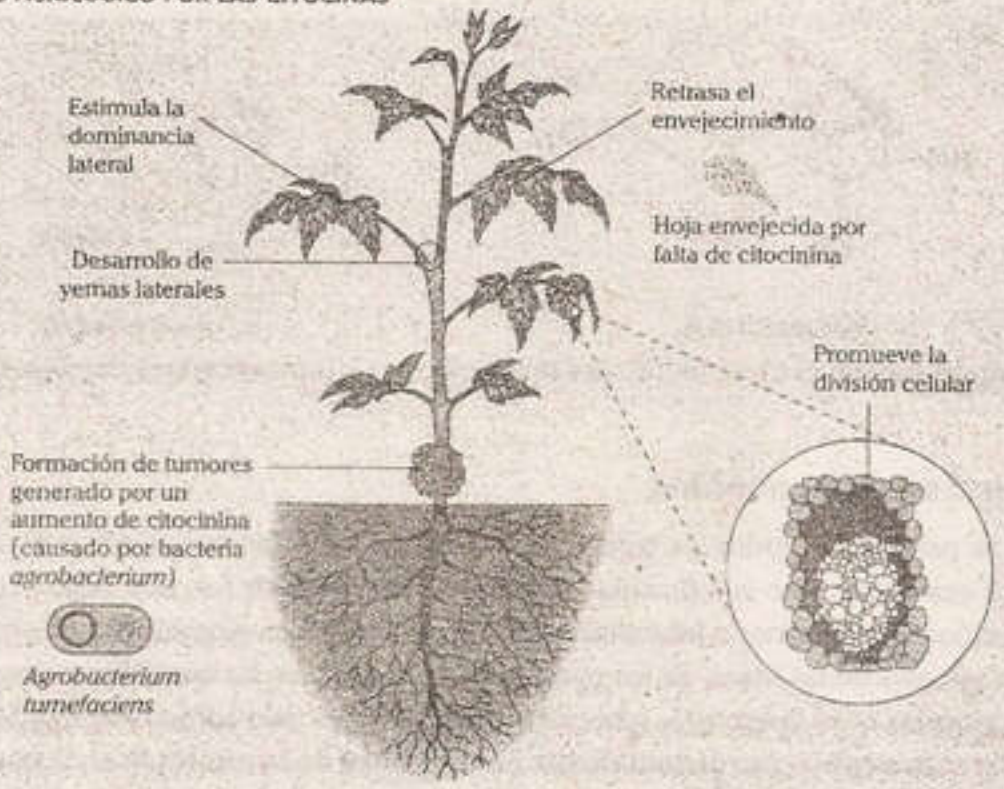
4.3. MODO DE ACCIÓN

La citocinina cumple las siguientes acciones: se une a la cromatina del núcleo y genera un efecto promotor sobre el ARN y las enzimas; actúa en la traducción del ARN; estimula el estado de transición de G_2 a la mitosis; e incrementa la rapidez de síntesis de proteínas.

4.4. ROL FISIOLÓGICO

- **Estimulan la división y diferenciación celular.** Las células jóvenes relativamente no especializadas se transforman en células maduras especializadas. En los cultivos de tejidos, las citocininas interactúan con las auxinas durante la formación de órganos como raíces y tallos.
- **Inducen el crecimiento vegetativo (ramificación).** Las citocininas permiten el crecimiento de los brotes y hojas, rompiendo la latencia de yemas axilares, lo cual repercute en una mayor área foliar, maximizando su actividad fotosintética.
- **Retrasan la senescencia o envejecimiento.** Las células vegetales expresan un proceso de envejecimiento natural. Este proceso es acelerado en las partes vegetales que se han cortado de la planta, como los tallos florales; se cree que las plantas deben tener un suministro continuo de citocininas a partir de las raíces, por supuesto los tallos que han sido cortados pierden su fuente natural de citocininas, y por lo tanto envejecen y mueren con rapidez.
- **Control del ciclo celular.** Las citoquininas, en conjunción con las auxinas, controlan el ciclo celular de las células vegetales. Concretamente, las citoquininas regulan la entrada de la célula en la fase G_1 tras la mitosis, es decir, determinan el comienzo de un nuevo ciclo al promover la acumulación de ciclinas, que se unen a kinasas dependientes de estas últimas. También controlan la transición entre las fases G_2/M, el último punto de control antes del comienzo de la mitosis.

ROL FISIOLÓGICO POR LAS CITOCINAS



5▸ Giberelinas

En el decenio de 1920, el biólogo japonés Kurosawa estudiaba "la enfermedad de las plántulas tontas", en las que las plántulas jóvenes de arroz adoptan una forma en extremo alta y ahusada, se echan y finalmente mueren. La causa de esta enfermedad era un hongo *Gibberella fujikuroi*, que produce una sustancia química llamada giberelina. No fue sino hasta la Segunda Guerra Mundial cuando los científicos de Europa y Estados Unidos supieron del interesante trabajo realizado por los japoneses.

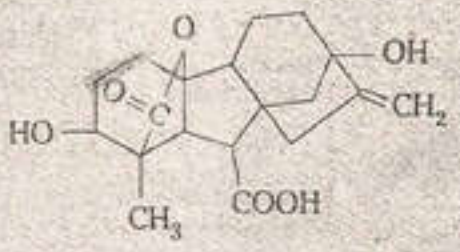
Durante los estudios efectuados en Estados Unidos en el decenio de 1960, se demostró que las giberelinas son producidas tanto por plantas sanas como por el hongo que causa la "enfermedad de las plántulas tontas", y se determinó que se trata de hormonas que participan en muchas funciones de las plantas, los síntomas de la enfermedad mencionada se debían a una concentración alta de giberelina en el tejido vegetal.

En la actualidad, se conocen más de 90 giberelinas naturales aisladas de tejidos vegetales, si bien se piensa que muchas de ellas son precursoras inactivas; existen algunas que son sintéticas.

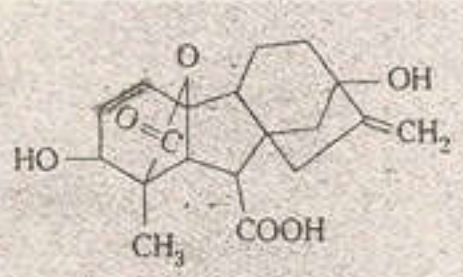
Las giberelinas que han sido identificadas químicamente varían algo en estructura, y también en actividad. La mejor conocida del grupo es la GA_3 (ácido giberélico), producida por el hongo cuya actividad fue descubierta por Kurosawa.

5.1. Estructura química

Las giberelinas deben derivar de la vía del isopreno, considerando como precursor el kauroleno, aunque este a su vez deriva del ácido mevalónico (AMV). Esta transformación se produce en los proplastidos y no en cloroplastos maduros.



Giberelina A_1
(importante en el crecimiento del tallo)



Giberelina A_3
(comercialmente disponible)

5.2. Biosíntesis y transporte

Su síntesis se produce en todos los tejidos de los diferentes órganos y puede estar afectada aparte de procesos externos como la intensidad luminosa y las horas de luz, que según su duración lleva a la producción de giberelinas o inhibidores del crecimiento. Las giberelinas son sintetizadas en los primordios apicales de las hojas, en las puntas de las raíces y en las semillas en desarrollo. Además de ser encontradas en el floema, las giberelinas también han sido aisladas de exudados del xilema, lo que sugiere un movimiento generalmente bidireccional de la molécula en la planta.

5.3. MODO DE ACCIÓN

Las giberelinas provocan la división celular al acortar la interfase del ciclo celular e inducir las células en fase G_1 a sintetizar ADN. También promueven la elongación celular al incrementar la plasticidad de la pared y aumentar el contenido de glucosa y fructosa, provocando la disminución del potencial agua, lo que lleva al ingreso de agua en la célula y produce su expansión. Inducen la deposición transversal de microtúbulos y participan en el transporte de calcio. También pueden actuar a nivel génico para provocar algunos de sus efectos fisiológicos.

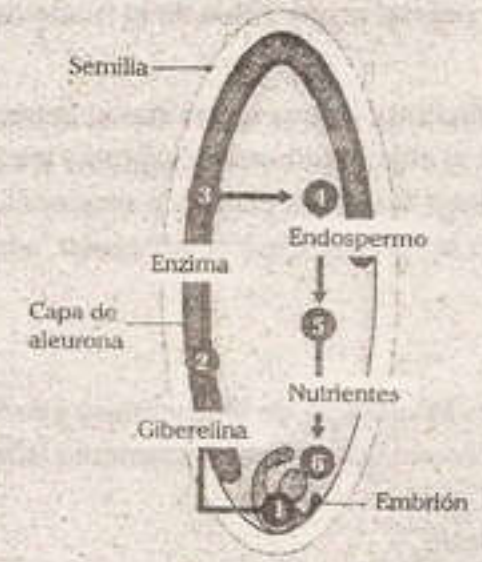
5.4. ROL FISIOLÓGICO

Las funciones que llevan a cabo en la planta, se pueden resumir en los siguientes puntos:

- **Incrementan el crecimiento de los tallos promoviendo la elongación celular.** Los efectos para facilitar el alargamiento del tallo son evidentes cuando ciertas variedades de plantas enanas (mutantes) se tratan con estas hormonas. Por ejemplo, algunas plantas de guisantes enanas crecen hasta una altura normal si se tratan con giberelinas.

- **Interrumpen el periodo de latencia de las semillas.** Luego de ser sintetizado por el embrión, induce la síntesis de amilasa por la capa de aleurona en el perisperma de la semilla, la cual degrada el almidón del endosperma proporcionando una fuente energética a la semilla, lo cual favorece la germinación.

DESARROLLO DE LA GERMINACIÓN

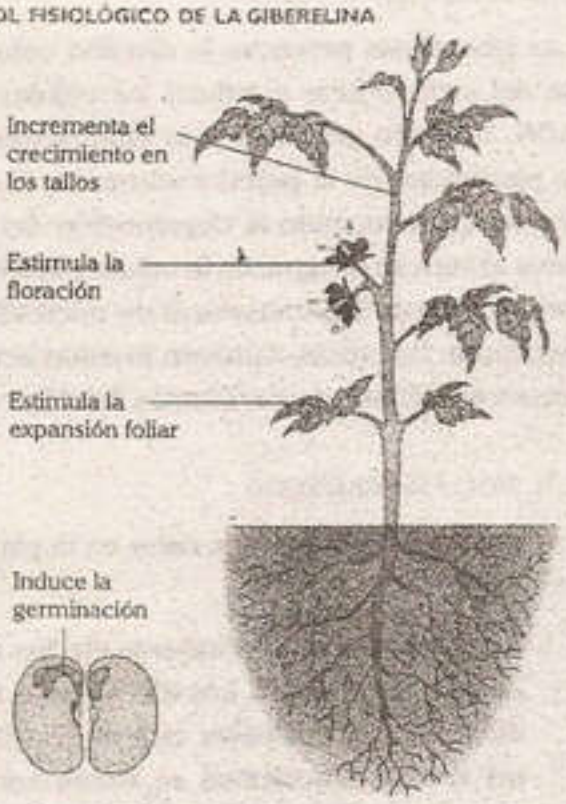


1. Activación del embrión y liberación de giberelinas.
2. Inducción de genes por las giberelinas en la capa de aleurona.
3. Producción y liberación de enzimas hidrolíticas.
4. Acción de las enzimas sobre los materiales de reserva del endospermo.
5. Liberación de nutrientes.
6. Absorción de nutrientes por el embrión.

- **Las giberelinas intervienen en varios procesos reproductivos.** Estimulan la floración, en especial de plantas de día largo, además pueden sustituir el requerimiento de bajas temperaturas para que las plantas bianuales puedan sustituir el requerimiento de bajas temperaturas e iniciar la floración. Al igual que las auxinas influyen en el desarrollo del fruto; en el caso de las uvas, al aplicarse de manera comercial logran obtenerse frutos más grandes de uva.

  Entre sus aplicaciones en la agricultura tenemos su utilización al retardar la senescencia de frutos en cítricos, para obtener frutos de uva sin semilla y alargados, en manzanos aumenta su tamaño y longitud, en la caña de azúcar aumenta la producción de sacarosa y en el tubérculo de la papa rompe la latencia.

ROL FISIOLÓGICO DE LA GIBERELINA



6▸ ETILENO

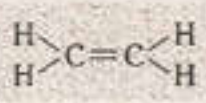
Durante comienzos del siglo XX, los científicos habían observado que el gas etileno tenía muchos efectos en el crecimiento vegetal. La primera indicación de que el etileno era un producto natural de los tejidos vegetales fue descrita por H. H. Coussin en 1910. Coussin observó que cuando se mezclaban naranjas con bananas en el mismo contenedor, las bananas maduraban prematuramente.

En 1917, Doubt descubrió que el etileno estimulaba la abscisión. Pero no fue sino hasta 1934, que R. Gane identificó al etileno químicamente como un producto natural del metabolismo de las plantas, y debido a sus efectos sobre el desarrollo de estas se le clasificó como una hormona gaseosa. En 1935, Crocker propuso que el etileno era la hormona vegetal responsable de la maduración de los frutos.

El etileno, siendo un hidrocarburo no saturado, es muy diferente a otras hormonas vegetales naturales. Aunque se ha sabido desde principios de siglo que el etileno provoca respuestas tales como geotropismo y abscisión, además que el efecto del etileno sobre las plantas y secciones de las plantas varía ampliamente. El etileno ha sido implicado en la maduración, abscisión, senectud, dormancia, floración y otras respuestas.

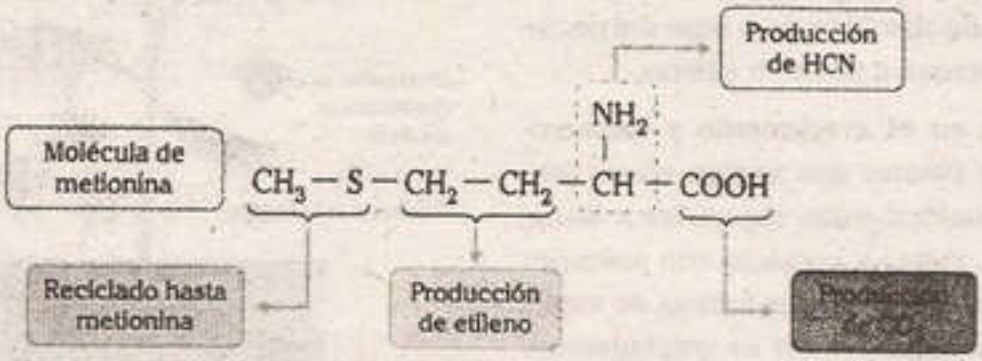
6.1. ESTRUCTURA QUÍMICA

Es el compuesto insaturado más sencillo. En condiciones fisiológicas de temperatura y presión es un gas incoloro, de aroma similar al del éter etílico, más liviano que el aire, sumamente inflamable y volátil; muy hidrosoluble.


Etileno

6.2. BIOSÍNTESIS Y TRANSPORTE

El etileno se produce en casi todos los órganos de las plantas superiores, aunque la tasa de producción dependerá del tipo de tejido y de su estadio de desarrollo. En general, las regiones meristemáticas y nodales son las más activas en la biosíntesis. Sin embargo, la producción también se incrementa durante la abscisión foliar, senescencia de las flores y maduración de frutos. Se biosintetiza a partir del aminoácido metionina.



Se transporta de célula a célula en la vía simplástica hacia el xilema y el floema, se difunde en el citoplasma, ya que es suficientemente soluble en agua para ser transportado en soluciones y suficientemente no polar para pasar a través de las membranas rápidamente. El sitio de acción del etileno es próximo al sitio de síntesis.

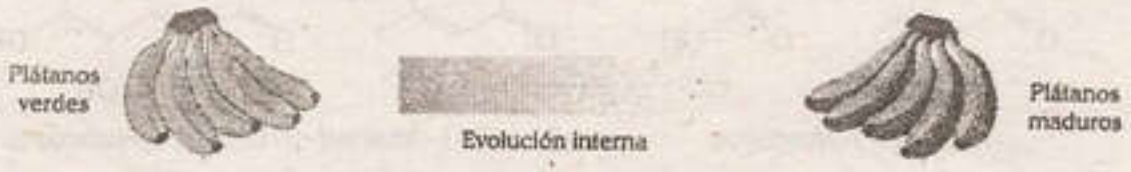
6.3. MODO DE ACCIÓN

Su acción se da principalmente porque se une a receptores del tipo proteico que reconocen moléculas pequeñas de doble ligadura. Actúa en la traducción y amplificación de la señal de la hormona; al unirse el etileno a sus receptores, se desencadenan las reacciones que llevan al envejecimiento celular. En general, se observa un aumento en la síntesis de enzimas.

6.4. ROL FISIOLÓGICO

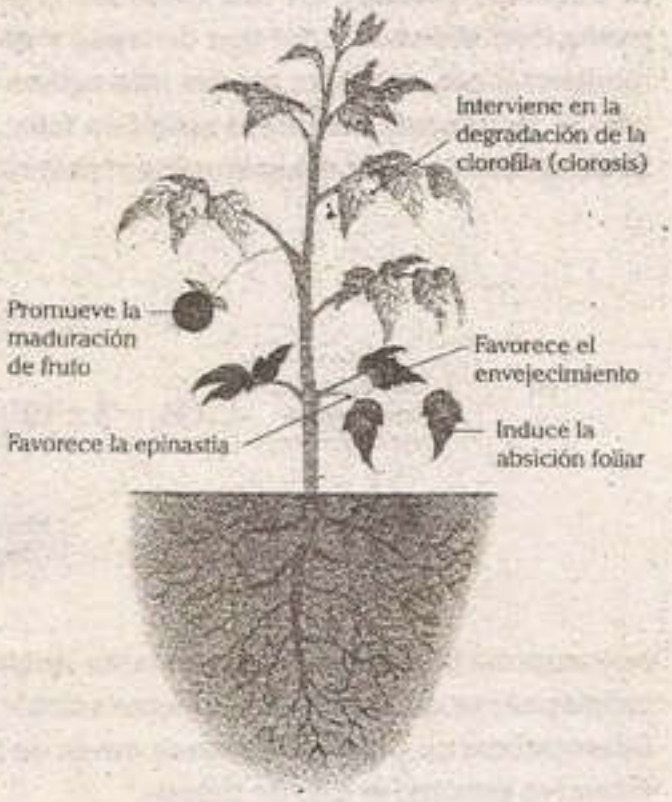
Es considerado la hormona de la maduración.

- **Promueve la maduración de frutos.** Por aumento en los niveles de enzimas hidrolíticas que ablandan el tejido, producen la hidrólisis de los productos almacenados, incrementan la velocidad de respiración y la pigmentación de los frutos. Por lo tanto, el etileno es responsable de la senescencia. La expresión "una manzana podrida echa a perder el resto" es cierta. Esa manzana produce grandes cantidades de etileno, que se difunde y activa el proceso de maduración de las manzanas vecinas. El etileno se utiliza comercialmente para hacer que los plátanos maduren de modo uniforme. Este fruto se cosecha cuando aún está verde y se envía a su destino, donde se le expone a etileno antes de distribuirlo a las tiendas.



- **Induce la abscisión foliar.** En realidad la abscisión se encuentra bajo la influencia de tres hormonas vegetales antagónicas: la auxina, la citocinina y el etileno. Cuando la hoja envejece, la concentración foliar de auxina y citocinina disminuye, de manera concurrente algunas células de la capa de abscisión de la base del peciolo comienzan a producir etileno.
- **Influye en el crecimiento y desarrollo.** Las plantas que crecen en un ambiente natural están expuestas a lluvia, granizo, viento y contacto con animales que pasan, todas estas formas de estrés mecánico influyen en su crecimiento y desarrollo, y hace que las plantas sean más bajas y gruesas (expansión celular lateral, por reordenamiento de las fibras de celulosa), que aquellas que crecen en un invernadero.

ROL FISIOLÓGICO DEL ETILENO



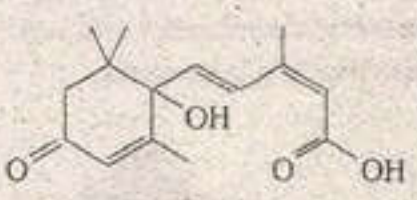
twitter.com/calapenshko

7. ÁCIDO ABSCÍSICO (ABA)

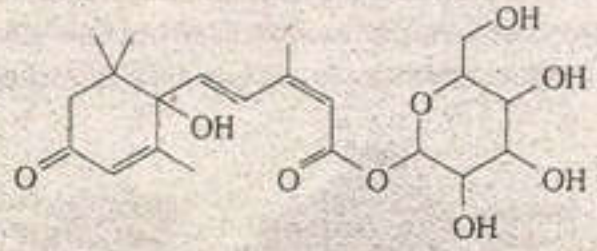
Fue descubierto en 1963 por tres grupos de científicos. Estos tres grupos fueron: el grupo inglés, encabezado por Rothwell K.; el australiano, por Waring; y el tercero, el estadounidense, encabezado por Addicot. Su nombre fue una elección desafortunada, porque dicha sustancia interviene principalmente en la latencia o dormancia de las plantas y semillas. El ácido abscísico es una hormona que promueve cambios en los tejidos vegetales expuestos a condiciones de estrés ambiental como congelación, alta salinidad y sequía. Esta hormona fue conocida anteriormente como dormina o abscisina, que es un inhibidor del crecimiento natural presente en las plantas.

7.1. ESTRUCTURA QUÍMICA

Químicamente es un terpenoide que es estructuralmente muy similar a la porción terminal de los carotenoides. Se trata de sesquiterpenoides relacionados con los esteroles y carotenoides.



Ácido (+)-Abscísico



(+)-Abscisil-β-D-Glucopiranósido

7.2. BIOSÍNTESIS Y TRANSPORTE

En vegetales superiores se aisló ABA de hojas, frutos, semillas, brotes, raíces y tallos, y en exudados de floema y xilema. Su síntesis se ve favorecida por ciertas condiciones ambientales como: sequía, frío excesivo y alteraciones patológicas.

Su síntesis tiene lugar principalmente en los plástidos (cloroplastos) y citosol. Dado que es un terpenoide deriva de la vía del acetato-mevalonato, mediante una ruta indirecta a partir del β-caroteno, generado desde el fitoeno. En el cloroplasto el caroteno se degrada generando xantoxina, la cual en el citosol se oxidará hasta ABA. En algunos mutantes de tomate y en *Arabidopsis* se demostró que hay formación de ABA a partir del ABA alcohol.

Se moviliza por el xilema y el floema como ABA libre y como ABA β-D-glucopiranósidos. El movimiento es lento, no polar y en todas direcciones. En caso de estrés hídrico en hojas, por intensas radiaciones solares, se incrementa el transporte de ABA desde la raíz hacia la hoja por vía xilemática.

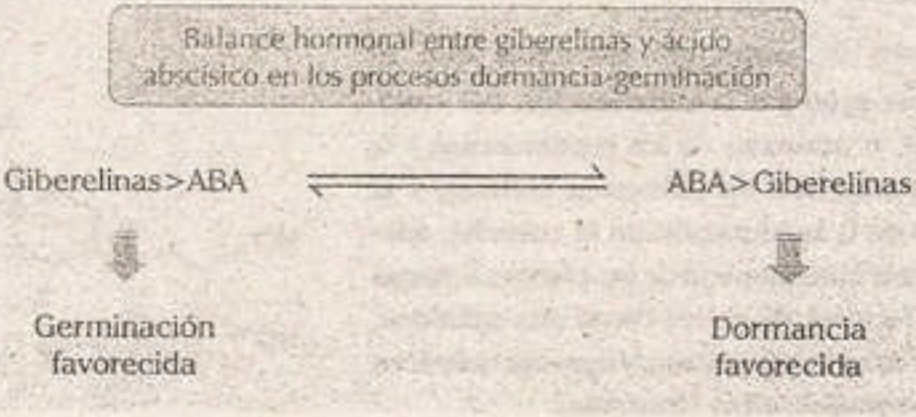
7.3. MODO DE ACCIÓN

Se supone que su mecanismo de acción se da por un receptor formado por tres proteínas de diferente peso molecular, ubicados en el plasmalema de las células guardianas, con la parte ligada al ABA orientada hacia el apoplasto. Tiene efecto antagonista principalmente con las giberelinas en la síntesis de alfa amilasa, sin afectar el resto de compuestos enzimáticos.

7.4. ROL FISIOLÓGICO

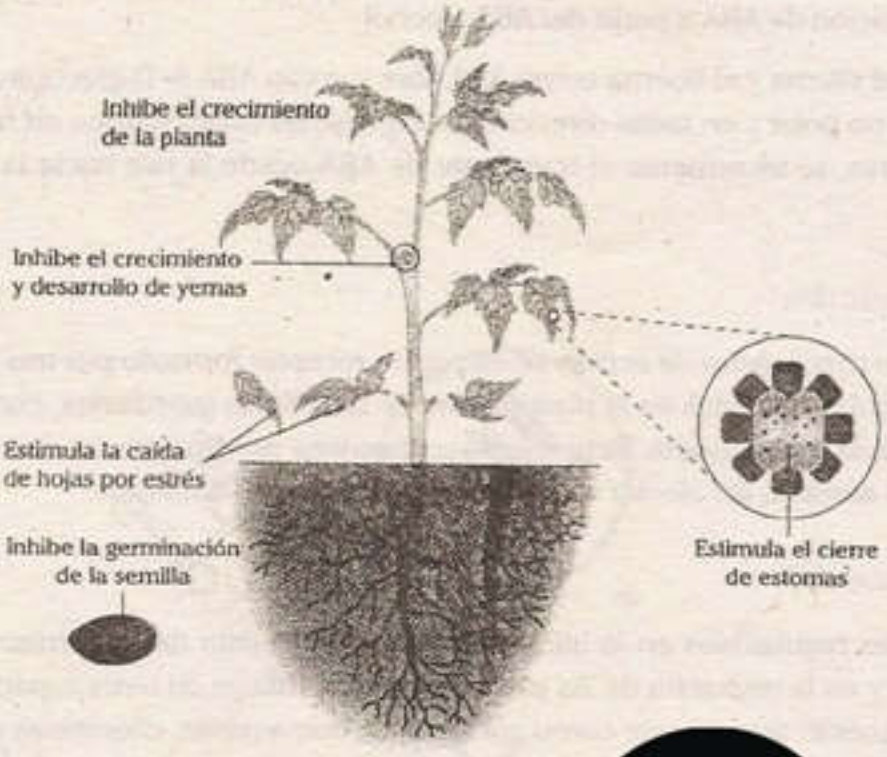
El ABA juega roles regulatorios en la iniciación y mantenimiento de la dormancia de semillas y botones florales, y en la respuesta de las plantas al estrés. Influye en otros aspectos del desarrollo vegetal por interacción, usualmente como antagonista, con auxinas, citocininas y giberelinas.

- **Favorece el reposo de las semillas.** La acumulación de ABA en las semillas es un factor esencial para la latencia de estas, debido a la acción inhibidora de la germinación. Este efecto es opuesto al producido por las giberelinas.



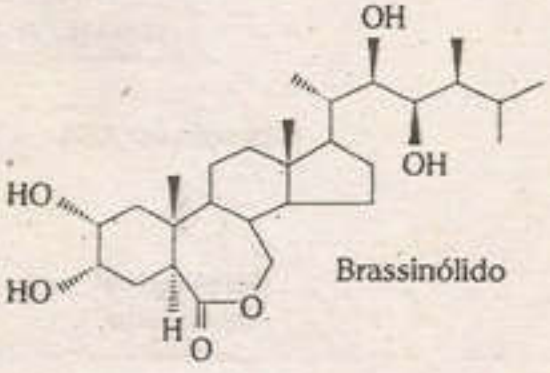
- **Inhibe la producción de enzimas inducibles por las giberelinas.** Por ejemplo, inhibe la transcripción del RNA mensajero de la α-amilasa.
- **Promueve el cierre de los estomas.** El efecto de las plantas sometidas a estrés hídrico o sequía hace que la concentración de ABA aumente activándose el cierre de estomas, lo que ahorra el agua que normalmente se perdería por transpiración, con lo que se incrementa la probabilidad de que la planta sobreviva.

ROL FISIOLOGICO DEL ACIDO ABSCISICO



BRASSINOESTEROIDES

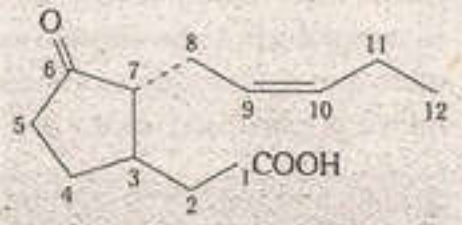
Son compuestos de estructura esteroidal que se caracterizan por producir la estimulación del crecimiento vegetal, el aumento de los rendimientos y la producción de biomasa en diferentes cultivos, y el aceleramiento de la maduración de la cosecha, además de aumentar la resistencia de las plantas a plagas y a diferentes factores de estrés como alta salinidad, sequía, bajas y altas temperaturas, y agentes químicos agresivos como plaguicidas y herbicidas.



Brassinólido

8.2. ÁCIDO JASMÓNICO

Es un esteroisómero el ácido 7-isojasmónico y sus ésteres metílicos llamados metil jasmonatos. Poseen un anillo de ciclopentanona sustituido en C_2 y C_3. Los metil jasmonatos son altamente volátiles.



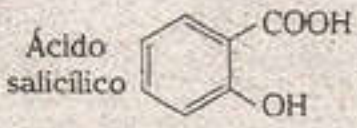
(–) Ácido jasmónico

Están presentes en todas la plantas, con mayor actividad en tejidos en crecimiento como ápices de tallos, hojas jóvenes, frutos inmaduros y extremos de raíces. Derivan del ácido linoléñico, el que por una serie de pasos que incluyen lipoxidación, ciclización y β oxidación se transforma en el ácido 7-isojasmónico, que en condiciones naturales se transforma en ácido jasmónico.

Entre los efectos fisiológicos podemos citar que inhiben la elongación de las raíces, la germinación y crecimiento de semillas; promueven la formación de raíces adventicias; la biosintesis de etileno; el cierre de estomas en condiciones de estrés; y activa la degradación de la clorofila.

8.3. ÁCIDO SALICÍLICO

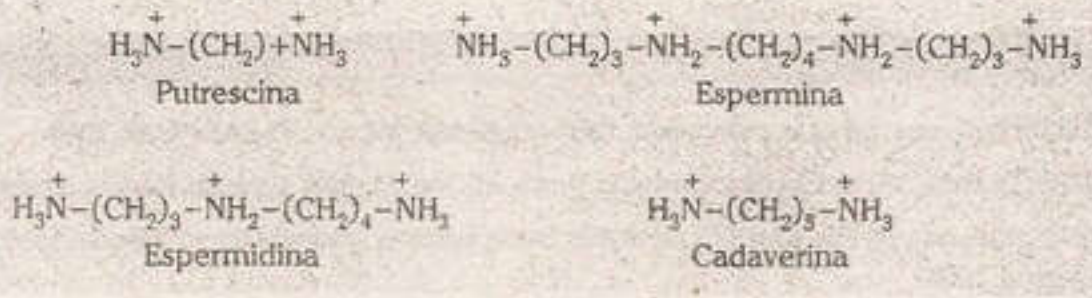
Es un compuesto fenólico presente en todos los órganos vegetales.



Entre los efectos fisiológicos tenemos que induce la floración, la resistencia a patógenos y, además, incrementa la termogénesis.

8.4. POLIAMINAS

Son cationes polivalentes con dos o más grupos amino. Se sabe que son indispensables para la vida vegetal.



Biosintéticamente provienen del aminoácido arginina (putrescina, espermina y espermidina), y de la lisina (cadaverina). Se catabolizan por oxidaciones catalizadas por diamino oxidasas y poliamino oxidasas. Entre sus efectos fisiológicos tenemos que favorecen la floración, incrementan la tolerancia al estrés y estimulan la senescencia en hojas cortadas.

8.5. OXIDO NÍTRICO

Es una molécula señal ubicua en casi todos los organismos vivos; al igual que el etileno es un gas y su importancia se ha elevado exponencialmente en los últimos años. Estudios recientes han mostrado que sus principales efectos que favorecen son la germinación de semillas, el crecimiento de raíces, la expansión foliar y el retraso de la senescencia de hojas y frutos.

RESUMEN DE FITOHORMONAS

Hormona	Derivado de	Zona de producción	Transporte	Funciones
Auxina (AIA)	Triptófano	Meristemos apicales, hojas jóvenes, embrión de semillas	Floema	• Dominancia apical • Fructificación • Partenocarpia • Enraizamiento de raíces
Citocinina (zeatina)	Adenina	Raíces y transportado a otros órganos	Floema	• Dominancia lateral • División celular • Diferenciación celular • Retardo de la senescencia
Giberelina	Terpenos (kauroleno)	Ápice de tallos y raíces, hojas jóvenes, partes florales, semillas inmaduras	Floema y xilema	• Germinación de semillas • Liberación de amilasas • Elongación de tallos • Expansión foliar • Floración
Etileno	Metionina	Tejido de frutos en maduración, hojas, flores envejecidas	Difusión (gas)	• Maduración de frutos • Marchitamiento de flores • Degradación de la clorofila • Favorece la epinastia
Ácido abscísico (ABA)	Terpeno	Hojas, frutos verdes, raíces	Floema y xilema	• Dormancia de semillas • Inhibe el crecimiento • Cierre de estomas

Referencias bibliográficas

- AUDESIRK, Teresa. *La vida en la tierra*. Octava edición. México: Prentice Hall, 2008.
- CURTIS, H. *Vida, La ciencia de la biología*. Sexta edición. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- CURTIS, Helena y N. Sue BARNES. *Biología*. Sexta edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2006.
- SOLOMON, E.; BERG, L.; MARTIN, D. y C. VILLEE. *Biología*. Octava edición. México: McGraw-Hill Interamericana, 2008.
- STARR, Cecie; TAGGART, Ralph; EVERS, Christine y Lisa STARR. *Biología. La unidad y diversidad de la vida*. Décima edición. México D. F.: Editorial Thomson, 2004.

Hormonas naturales para control de plagas

El control orgánico con plantas se ha utilizado desde mucho tiempo y su funcionamiento se basa en repeler insectos, gusanos y agentes vectores de enfermedades. Las plantas que se usan para estos fines son las hortalizas, las hierbas aromáticas, plantas medicinales y las mal llamadas malezas. ¿Sabía usted que la fresa y el frijol verde prosperan más cuando son cultivados juntos que cuando se cultivan por separado?, ¿o que la lechuga sembrada con espinaca se hace más jugosa?

Pero así como estos "matrimonios" funcionan perfectamente, algunas otras plantas segregan sustancias tóxicas que no le permite ser cultivadas juntas, es el caso del hinojo, el eneldo, el ajenjo y el anís que rechazan y eliminan las plantas vecinas.

"Sin embargo, las mismas sustancias que hacen a estas plantas un verdadero peligro para sus congéneres, se utilizan, como en el caso del ajenjo, en el control de pulgas y babosas, y en alejar los escarabajos y gorgojos de los granos almacenados", afirma el agroecólogo Carlos Escobar, quien durante varios años ha trabajado en investigación sobre este tema.

Esto se debe a que en las comunidades bióticas muchas especies se regulan unas a otras por medio de la producción y liberación de repelentes, atrayentes, estimulantes e inhibidores químicos.

Precisamente, la alelopatía es la ciencia que estudia las relaciones entre plantas afines y las plantas que se rechazan, utilizando sus hormonas para evitar el ataque de las diferentes plagas y enfermedades a las que pueden ser susceptibles.

Estas hormonas, llamadas "aleloquímicos alomónicos" son compuestos moleculares que actúan como señales o como mensajeros de disuasión, produciendo efectos repulsivos, antialimentarios, y tóxicos, además de ser alteradores de la fisiología y comportamiento sexual de los insectos.

El control orgánico con plantas se ha utilizado desde mucho tiempo y su funcionamiento se basa en repeler insectos, gusanos y agentes vectores de enfermedades. Las plantas que se usan para estos fines son las hortalizas, las hierbas aromáticas, plantas medicinales y las mal llamadas malezas.

Las plantas repelentes son de aroma fuerte para mantener alejados los insectos de los cultivos; este tipo de plantas protegen los cultivos hasta 10 metros de distancia, algunas repelen un insecto específico y otras varias plagas.

Generalmente, las plantas repelentes se siembran bordeando los extremos de cada surco del cultivo o alrededor para ejercer una barrera protectora.

Universidad Nacional Palmira, Colombia. Investigador Carlos Escobar, AUPEC.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

La caída de las hojas y los frutos resulta de una acción conjunta de las siguientes hormonas

A) citocininas y giberelina
B) auxinas y ácido abscísico
C) etileno y ácido abscísico
D) giberelina y auxinas
E) etileno y citocininas

Resolución

El etileno es una fitohormona que estimula la senescencia y si esto sucede a nivel de la base del peciolo provoca la clorosis y degeneración de la pared de celulosa, dando como resultado la abscisión y posterior defoliación. El ABA también es capaz de inducir la senescencia de hojas generando la clorosis del tejido fotosintético, aun cuando uno de los efectos del ABA es promover la síntesis de etileno.

Pregunta 2

Las fitohormonas son de varias clases, algunas son principalmente promotoras del crecimiento y desarrollo; otras son principalmente inhibitorias; la que actúa inhibiendo la síntesis del RNA y es agente del cierre de estomas cuando hay sequías es

A) el ácido giberélico.
B) el etileno.
C) las citocinas.
D) el ácido abscísico.
E) el ácido indolacético.

UNMSM 2007-II

Resolución

Durante el periodo de la escasez de agua en muchas plantas hay un marcado incremento del nivel de ácido abscísico, la evidencia experimental sugiere que la pérdida del K^+ de las células oclusivas genera una pérdida de agua, produciendo la reducción de la turgencia y, por ende, el cierre de estomas.

Pregunta 3

El plátano y el carrizo presentan un tallo horizontal con el cual se originan nuevas generaciones, ese tallo crece por acción de

A) la giberelina.
B) el etileno.
C) el ácido abscícico.
D) la citoquinina.
E) la zeatina.

Resolución

Las giberelinas tienen efectos sorprendentes sobre el alargamiento del tallo en plantas, provocando que el tallo sea largo y delgado y las hojas palidezcan. Las giberelinas provocan tanto la división como la elongación celular y afectan tanto en el tallo como en las hojas.

Pregunta 4

La translocación de las fitohormonas es realizada principalmente a través del

A) meristema.
B) xilema.
C) floema.
D) parénquima vascular.
E) cámbium.

Lumbreras Editores

Resolución

Las fitohormonas son sustancias orgánicas, generalmente cristalizables, y de peso molecular medio, producidas por ciertas células vegetales capaces de regular de manera predominante sus fenómenos fisiológicos.

Se producen en pequeñas cantidades y pueden actuar en el propio tejido donde se generan o bien a largas distancias, mediante transporte a través de los vasos del xilema y principalmente por el floema.

Rpta. B

Pregunta 5

Algunos vegetales despiden por el follaje sustancias volátiles, como el alcanfor o el cineol, que se adhieren a la tierra impidiendo la ..... porque actúan como sustancias alelopáticas.

A) senescencia
B) germinación
C) maduración
D) secreción
E) floración

Resolución

Algunas plantas elaboran sustancias químicas alelopáticas que son usadas como defensa contra otras plantas.

Por ejemplo, en las zonas áridas ocurre una guerra química entre plantas, que consiste en la lucha por la poca agua existente: las plantas bien armadas, como las artemisias y las salvias, despiden por el follaje sustancias volátiles, como el alcanfor o el cineol 1,4, que se adhieren a la tierra impidiendo la germinación de plantas que pueden competir por el agua.

Rpta. B

Pregunta 6

La(El) ..... induce la cicatrización de las heridas en las plantas.

A) cinesina
B) traumantina
C) dormina
D) etileno
E) giberelina

Resolución

Las plantas, en especial las leñosas, debido a su desarrollo prolongado es común que presenten heridas debido a su mismo crecimiento o por agentes externos que provocan accidentes de mutilación de alguna de sus partes. Pero estas heridas originadas tienden a cicatrizarse por una actividad de división y diferenciación celular que es activada por una sustancia química denominada traumantina u hormona de la cicatrización.

Rpta. B

Pregunta 7

La hormona que incide en el fototropismo es

A) la citocinina.
B) el ácido abscísico.
C) el ácido indolacético.
D) la poliamina.
E) el ácido jasmónico.

Lumbreras

Resolución

La auxina (ácido indolacético) se dirige a la zona oscura de la planta, produciendo que las células de esa zona crezcan más que las correspondientes células que se encuentran en la zona clara de la planta. Esto produce una curvatura de la punta de la planta hacia la luz, movimiento que se conoce como fototropismo.

Pregunta 8

Señale qué hormona vegetal estimula el desarrollo de frutos a partir del ovario, sin fecundación.

A) zeatina B) citocinina C) efefon
D) dormina E) auxina

Resolución

Otra de las funciones que cumplen las auxinas es la de estimular el desarrollo de frutos con o sin semilla. Cuando se producen sin semilla se denominan partenocárpicos y estos se forman porque no existió fecundación del pistilo y, por lo tanto, son frutos que carecen de semillas. Ejemplo las uvas, tomates y naranjas sin semilla. De forma ordinaria, las semillas son una fuente de auxina, así al extirpar las semillas de la fresa durante el desarrollo del fruto estas dejan de crecer.

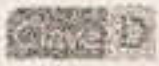
Pregunta 9

La fitohormona que promueve la elongación celular es

A) la citocinina.
B) el etileno.
C) el óxido nítrico.
D) la giberelina.
E) la dormina.

Resolución

Entre las funciones que llevan a cabo las giberelinas en las plantas tenemos que incrementan el crecimiento en los tallos, actúan induciendo la división celular al acortar la interfase del ciclo celular e inducen las células en fase G_1 a sintetizar ADN; también promueven la elongación celular al incrementar la plasticidad de la pared y aumentar el contenido de glucosa y fructosa, provocando el ingreso de agua en la célula produciendo su expansión, además inducen el depósito transversal de microtúbulos y participan en el transporte de calcio.



Pregunta 10

Es una fitohormona natural que afecta el crecimiento, desarrollo, maduración y senescencia de todas las plantas.

A) citocinina
B) etileno
C) giberelina
D) agsicina
E) zeatina

Resolución

El etileno es una de las hormonas que afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas. Promueve la maduración de los tomates, bananas, cítricos, piñas, dátiles, peras, manzanas, melones, mangos, aguacates o avocados y papayas, una indicación clara que la acción de etileno es general y extendida entre un número de frutas. Por lo tanto, el etileno es la hormona de la senectud o envejecimiento.

Lumbreras Editores

Pregunta 11

El regulador químico vegetal que promueve la latencia en yemas y semillas es

A) el etileno.
B) el ácido abscísico.
C) el ácido giberélico.
D) la auxina.
E) la citocinina.

Resolución

El ácido abscísico es un potente inhibidor del crecimiento, juega un papel regulador en respuestas fisiológicas tan diversas como el letargo; abscisión de hojas y frutos y estrés hídrico, y por lo tanto tienen efectos contrarios a las de las hormonas de crecimiento (auxinas, giberelinas y citocininas).

narinas

Clave B

Pregunta 12

Derivan del ácido linolénico, liberado desde los fosfolípidos de membrana por acción de lipasas.

A) etileno
B) ácido absísico
C) ácido jasmónico
D) citocinina
E) ácido giberélico

Resolución

El ácido linolénico, por una serie de pasos que incluyen lipoxidación, ciclización y β oxidación se transforma en ácido 7-isojasmónico, que en condiciones naturales se isomeriza y transforma en ácido jasmónico.

Clave C

Pregunta 13

La hormona que promueve la formación de raíces adventicias y del etileno es el

A) ácido indol-acético.
B) ácido jasmónico.
C) ácido giberílico.
D) ácido abscísico.
E) óxido nitroso.

Resolución

La aplicación exógena de jasmonatos produce efectos variados sobre las plantas, algunos semejantes a los producidos por el ABA. Entre ellos podemos citar los siguientes: inhiben la elongación de las raíces, la germinación y crecimiento de semillas; inhiben la germinación de semillas de avena y lechuga, la formación de yemas florales y la biosíntesis de carotenoides; y promueven la formación de raíces adventicias y la biosíntesis del etileno.

Clave B

Pregunta 14

Es la fitohormona que inhibe el crecimiento del tallo y causa la caída del follaje.

A) feromonas
B) ácido absísico
C) auxinas
D) citocininas
E) giberelinas

Resolución

Todos hemos observado que en invierno las plantas dejan caer sus hojas y que, aunque el invierno no sea muy crudo, debido a la escasez de agua, la planta suelta su follaje. Las sustancias responsables de la caída de las hojas, frutos y de detener el crecimiento del tallo se llama ácido absísico

Clave B

Preguntas propuestas

1. Uno de los procesos que regula la giberelina es

A) la maduración de frutos.
B) la floración.
C) la dominancia lateral.
D) el cierre de estomas.
E) la latencia de yemas.

2. La caída de las hojas que se observa en algunos árboles durante el otoño es regulado por

A) el ácido indolacético.
B) la giberelina.
C) el etileno.
D) la zeatina.
E) la auxina.

3. Relacione correctamente y señale la alternativa correcta.

I. etileno
II. ácido abscísico
III. auxina
IV. citocinina

( ) partenocarpia
( ) estrés hídrico
( ) maduración de frutos
( ) dominancia lateral

A) III-IV-I-II B) IV-III-I-II
C) III-II-I-IV
D) III-II-IV-I E) IV-II-I-III

4. Las fitohormonas responsables del alargamiento del tallo son

A) el ácido indolacético (AIA) y la giberelina.
B) la giberelina y el ácido absícisico.
C) el etileno y la dormina.
D) el etileno y la auxina.
E) la auxina y el ácido abscísico.

5. Es la fitohormona que inhibe el crecimiento del tallo y causa la caída del follaje.

A) feromonas
B) ácido abscísico
C) auxinas
D) citocininas
E) giberelinas

6. Las plantas en respuesta al déficit hídrico producen ....., el(la) cual cierra estomas y así reduce la pérdida de agua.

A) el ABA
B) el etileno
C) el ácido giberélico
D) el ácido indolacético
E) la zeatina

7. Los frutos partenocárpicos se originan por acción de la hormona

A) auxina.
B) citocinina.
C) ácido abscísico.
D) giberelina.
E) etileno.

8. La hormona que promueva la maduración de los frutos y tallos leñosos se denomina

A) la auxina.
B) la citocinina.
C) el ácido abscísico.
D) la giberelina.
E) el etileno.

9. Se le conoce como la hormona del estrés

A) citocinina
B) auxina
C) ácido abscísico
D) giberelina
E) etileno

10. A la hormona que promueve la formación de raíces adventicias y del etileno se le conoce como

A) ácido indolacético.
B) ácido jasmónico.
C) ácido giberílico.
D) ácido abscísico.
E) óxido nitroso.

11. El precursor en la síntesis de auxina es

A) la metionina.
B) el triptófano.
C) la adenina.
D) el acetil Co-A.
E) la kinetina.

12. La diferenciación de los haces vasculares inmaduros hacia la formación de xilema o floema está favorecida por

A) las auxinas.
B) las giberelinas.
C) el etileno.
D) el ácido abscísico.
E) el ácido salicílico.

13. La auxina es una fitohormona que estimula

A) la caída de hojas.
B) la maduración de frutos.
C) la oxidación de la clorofila.
D) la latencia de semillas.
E) la dominancia apical.

14. El precursor de la síntesis de etileno es

A) la adenina.
B) el ácido linoleico.
C) el caroteno.
D) la metionina.
E) la zeatina.

15. Son producidas tanto por plantas sanas como por el hongo que causa la "enfermedad de las plántulas tontas".

A) citocininas
B) auxinas
C) giberelinas
D) dorminas
E) zeatinas

16. Es el compuesto insaturado gaseoso más sencillo e incoloro, sumamente inflamable y volátil.

A) zeatina
B) adenina
C) metionina
D) etileno
E) cadaverina

17. Una de las acciones que llevan a cabo las auxinas es promover la formación de

A) semillas.
B) frutos partenocárpicos.
C) ramas laterales.
D) raíces primarias.
E) raíces secundarias.

Lumbreras Editores

18. El ..... es una hormona que promueve los cambios en los tejidos vegetales expuestos a ..... .

A) ácido abscísico - sequía
B) etileno - congelación
C) ácido indolacético - lluvias
D) ácido abscísico - la luz
E) etileno - fuego

19. ¿Qué hormona regula las respuestas al estrés mecánico de las plantas?

A) ácido indolacético
B) etileno
C) dormina
D) zeatina
E) giberelina

20. El conocimiento de las fitohormonas por el hombre ha permitido aplicarlo en el campo agrícola. En el caso de la auxina, ¿qué aplicación no se relaciona con esta hormona?

A) herbicidas y arbusticidas
B) enraizamiento de estacas leñosas
C) evita la caída de frutos
D) estimula la maduración de frutos
E) activa la partenocarpia

21. El nombre auxina significa en griego "crecer" y es dado a un grupo de compuestos que estimulan ..... de las células. De forma más común y predominante se le conoce con el nombre de ..... .

A) la elongación - ácido indolacético
B) el crecimiento - dormina
C) el desarrollo - florígena
D) el desarrollo - ácido abscísico
E) el crecimiento apical - ácido indolacético

22. El cierre de estomas y la formación de frutos resulta de una acción de las hormonas ..... y ....., respectivamente.

A) citocinina - giberelina
B) auxina - citocinina
C) ácido abscísico - auxina
D) giberelina - auxina
E) etileno - citocinina

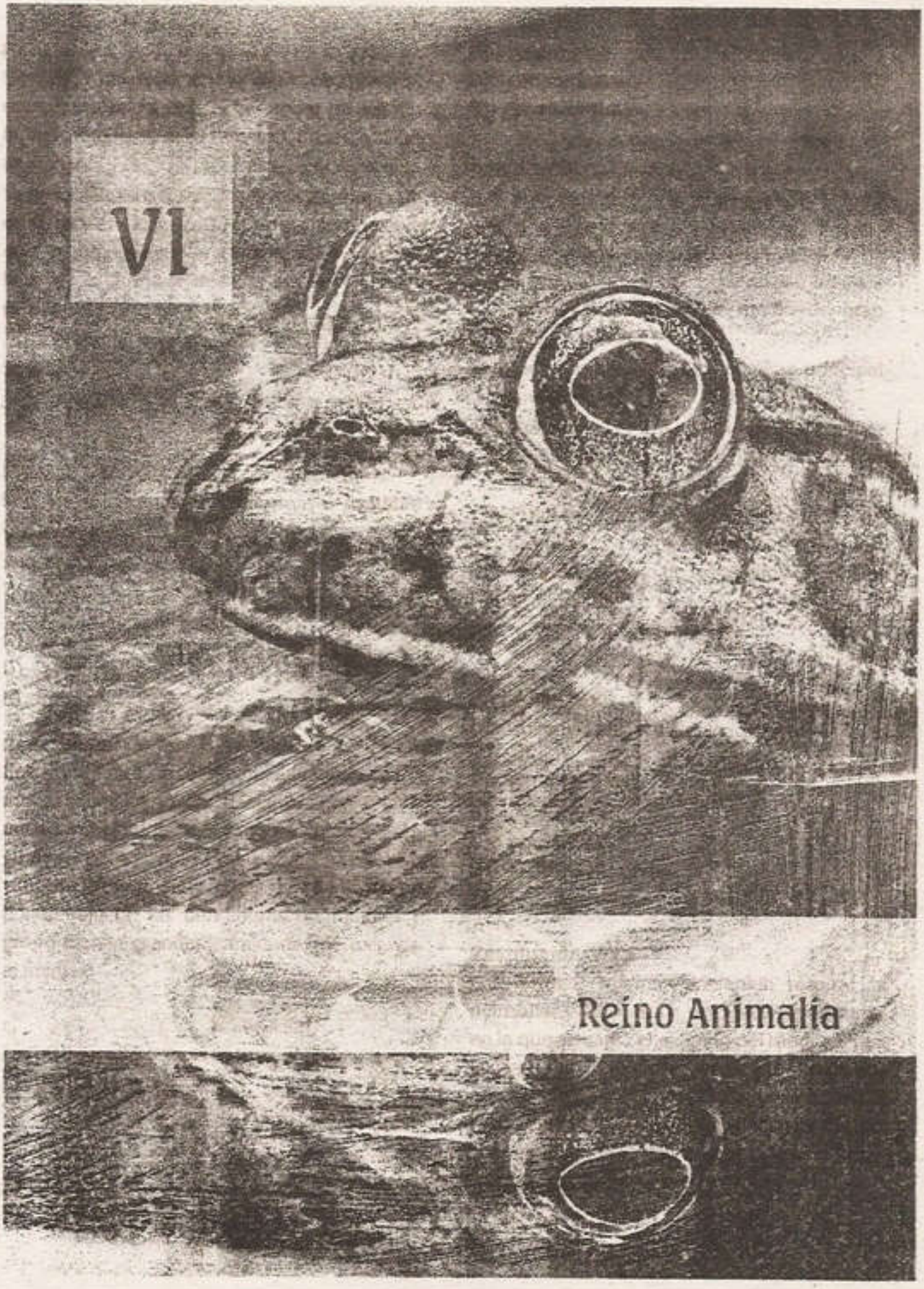
23. Las citocininas, a diferencia de las auxinas, estimulan

A) la dominancia apical.
B) la dominancia lateral.
C) la germinación.
D) el cierre de estomas.
E) la maduración de frutos.

24. Las fitohormonas que ejercen antagonismo con respecto a la germinación de la semilla son

A) etileno y giberelina.
B) giberelina y auxina.
C) ácido abscísico y giberelina.
D) dormina y auxina.
E) giberelina y dormina.

Lumbreras Editores


VI
Reino Animalia

CAPÍTULO XV

CUERPO ANIMAL

Objetivos

- Conocer las características de las estructuras básicas que constituyen el plan corporal de cada grupo animal.
- Comprender las relaciones que existen entre estructuras y funciones.
- Reconocer en los animales los diferentes tipos de organización, diversidad de formas y unidad de patrones.

Introducción

Todos los animales se enfrentan a los mismos problemas que deben de resolver: la obtención de alimento, incorporación de oxígeno, mantenimiento del equilibrio de agua y sales, la eliminación de desechos metabólicos y la perpetuación de la especie.

El modelo corporal para hacer frente a estas situaciones está relacionado con cuatro factores fundamentales: el medio donde vive el animal, el modo de vida, el tamaño corporal y el genoma.

Las leyes de la evolución nos permiten explicar las particularidades y generalidades sobre la morfología, organización y complejidad de las especies. La acción selectiva del medio natural favorece la supervivencia de aquellas especies que tienen ventajas adaptativas, seleccionando aquellos que presentan alguna "mejora de sus cuerpos".

Según Javier Sampedro los modelos esenciales de los diferentes grupos animales se habrían generado en la **explosión cámbrica**. Estos modelos de cuerpos animales se denominan **Bauplanes**. La teoría se sustenta en datos paleontológicos y en los **genes Hox**, que controlan el desarrollo embrionario.

Cabe indicar que la antigua clasificación de los animales en invertebrados y vertebrados propuesta por Jean Baptiste Lamarck, y que es de amplio uso en la actualidad, es artificial.

Parte de la morfología animal que trata de definir los tipos de organización, los planes arquitectónicos, según los cuales está constituido el cuerpo en los distintos grupos animales. Según Haeckel es el estudio de los aspectos generales de la organización animal, con sus ejes y planos de simetría.

2. ORGANIZACIÓN DE LA COMPLEJIDAD DE LOS ORGANISMOS

2.1. SEGÚN FORMA DE INTEGRACIÓN CELULAR

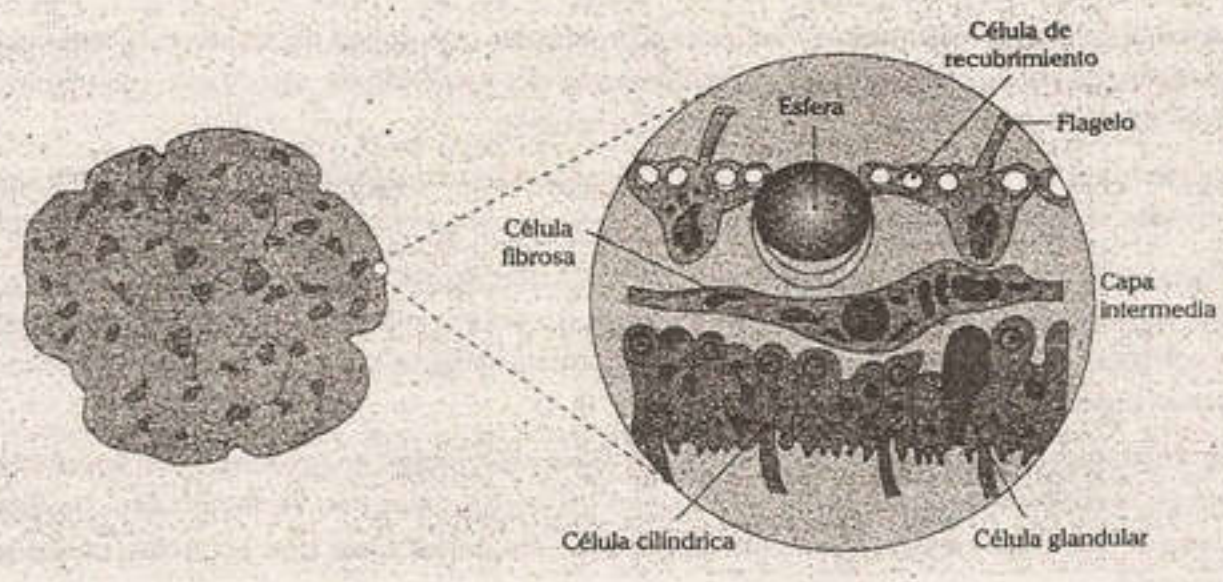
La organización estructural de los animales pasa por etapas de integración celular, logrando diversos grados de complejidad.

2.1.1. Organización celular

Las células de estos organismos presentan una diferenciación en las funciones que realizan, sin embargo, la cohesión entre ellas es relativamente baja, pudiendo separarse y reorganizarse, ya que no forman tejidos. Comprenden a los parazoos (poríferos) y mesozoos.

2.1.2. Organización tisular

Llamados eumetazoos, presentan diferenciación morfológica y funcional de las células que se organizan formando tejidos. Presente en la mayoría de animales.



Organización celular en placozoos, un tipo de parazoos, con agregados celulares pero que no forman tejidos.

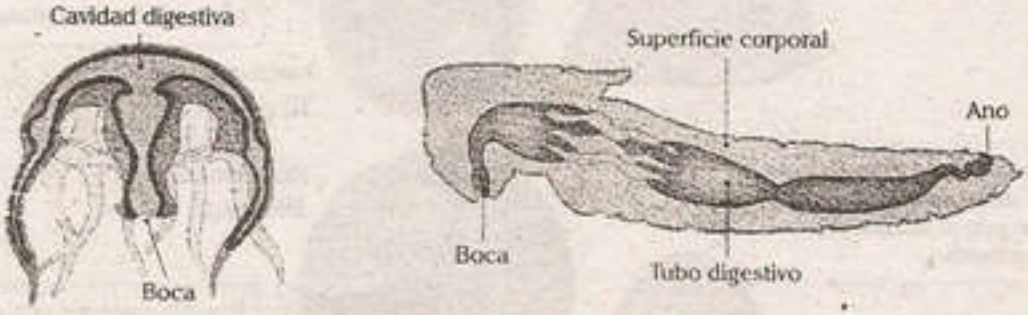
2.2. SEGÚN PATRÓN ESTRUCTURAL

2.2.1. Organización de saco ciego

Poseen una cavidad interna con un solo orificio de comunicación exterior. Presente en platelmintos y cnidarios.

Cuando la cavidad digestiva presenta dos orificios de comunicación exterior en ambos extremos corporales, es decir, una boca y un ano. Los primeros con esta estructura han sido los nemertinos, también comprende seudocelomados como los nematodos, y celomados como los moluscos, anélidos, artrópodos y cordados.

TIPOS DE ORGANIZACIÓN DE ACUERDO AL PATRÓN ESTRUCTURAL



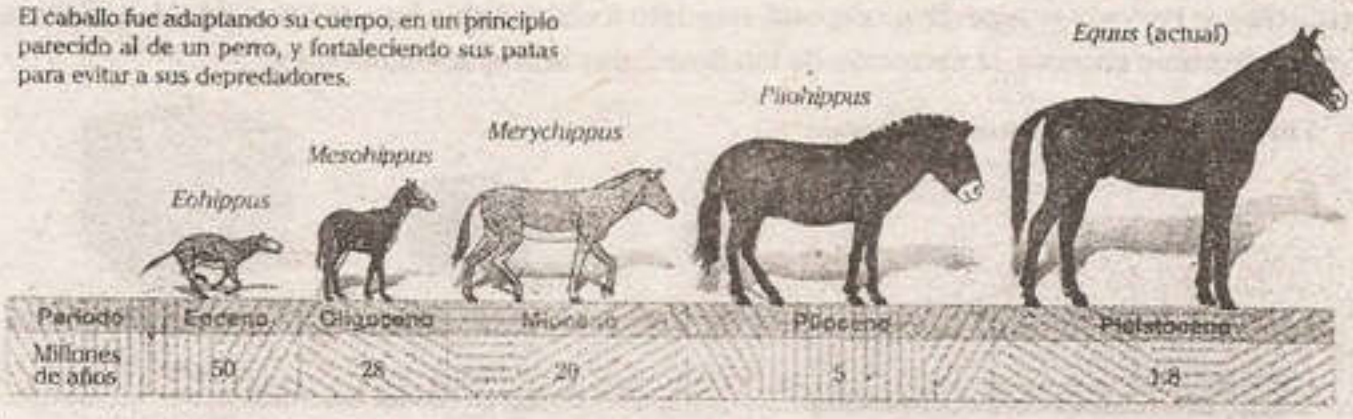
3. TAMAÑO ANIMAL

Los estudios cuantitativos del tamaño corporal de los animales, ha llevado a generalizaciones tales como la regla de Cope; también ha sido de gran importancia el estudio de la relación entre el tamaño y la tasa metabólica, entre el volumen corporal y el área de la superficie corporal, etcétera.

3.1. REGLA DE COPE

Propone que en la filogenia de algunos grupos animales como dinosaurios, elefantes, ballenas y caballos, se aprecia la tendencia evolutiva de desarrollar tamaños cada vez más grandes en determinado tiempo geológico. Esta regla biológica se rige por la selección direccional, es el tipo de selección natural que proporciona ventajas ecológicas para los organismos de mayor tamaño. Según Cope, un mayor tamaño proporciona una mayor estabilidad interior (conservación de la homeostasis). Hallazgos paleontológicos recientes han considerado muchas excepciones a esta regla.

Evolución
El caballo fue adaptando su cuerpo, en un principio parecido al de un perro, y fortaleciendo sus patas para evitar a sus depredadores.



La evolución de los caballos desde el primitivo *Hyracotherium (Eohippus)* del Eoceno hasta los modernos caballos es considerado un ejemplo de la regla de Cope.

3.2. RELACIÓN ENTRE TAMAÑO CORPORAL Y TASA METABÓLICA

De acuerdo al balance que existe entre la energía que se produce por el metabolismo y aquella que se pierde hacia el entorno, las aves y los mamíferos de tamaño pequeño disipan más fácilmente el calor hacia el medio, y para mantener una temperatura interna constante, necesitan conservar tasas metabólicas mucho más altas que los animales grandes.

Efecto del tamaño corporal sobre los requerimientos alimenticios semanales.

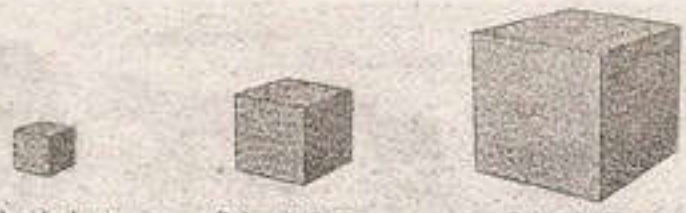
Se ha calculado que un mamífero o un ave de menos de 2,5 g sería incapaz de generar la suficiente energía como para contrarrestar la pérdida de esta. La musaraña europea (*Suncus etruscus*) se considera el mamífero terrestre más pequeño del mundo y el colibrí abeja de Cuba (*Mellisuga helenae*) es el ave más chica que se conoce.

3.3. RELACIÓN SUPERFICIE-VOLUMEN

Los animales son sistemas termodinámicos en equilibrio gracias al continuo aporte de energía del exterior. Las necesidades metabólicas están en relación con el volumen del organismo, mientras que la posibilidad de satisfacerlas está en relación con la superficie. La forma esférica de un organismo es la de menor superficie.

Para ser metabólicamente viable, el aumento del tamaño de un organismo requiere aumentar muchas veces más la superficie corporal, requisito indispensable para la absorción de nutrientes, el intercambio gaseoso, la excreción de los desechos y la liberación del calor.

Relación superficie-volumen corporal



	Cubo de 1 mm	Cubo de 2 mm	Cubo de 4 mm
Superficie	$6\ mm^2$	$24\ mm^2$	$96\ mm^2$
Volumen	$1\ mm^3$	$8\ mm^3$	$64\ mm^3$
Razón área/volumen superficial	6/1	3/1	1,5/1

3.4. ESTRATEGIAS PARA EL AUMENTO DE SUPERFICIE

El aumento de la superficie puede ocurrir por aplanamiento y replegamiento.

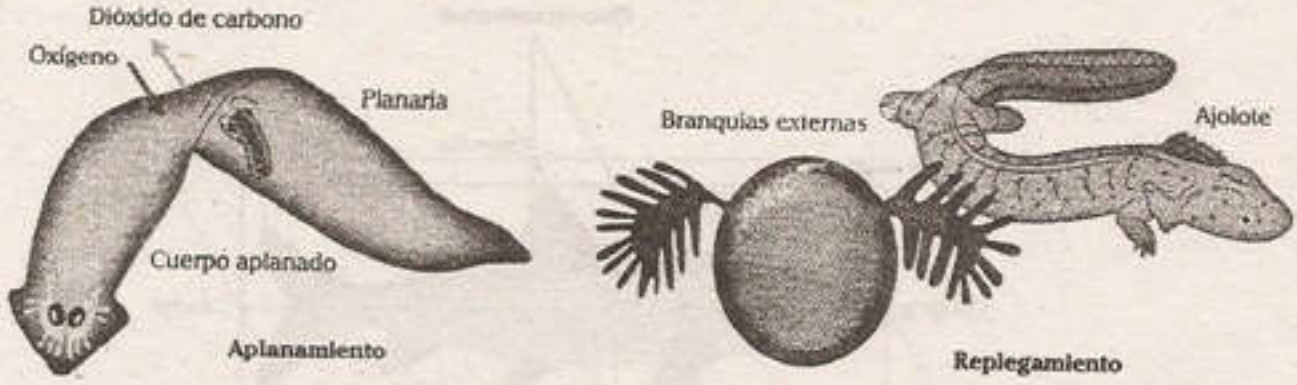
3.4.1. Aplanamiento

Muchos organismos como los gusanos planos (tenias, planarias) y algunos peces, cambian de forma aplanándose para conseguir una relación superficie-volumen más favorable que permita una eficiencia metabólica.

3.4.2. Replegamiento

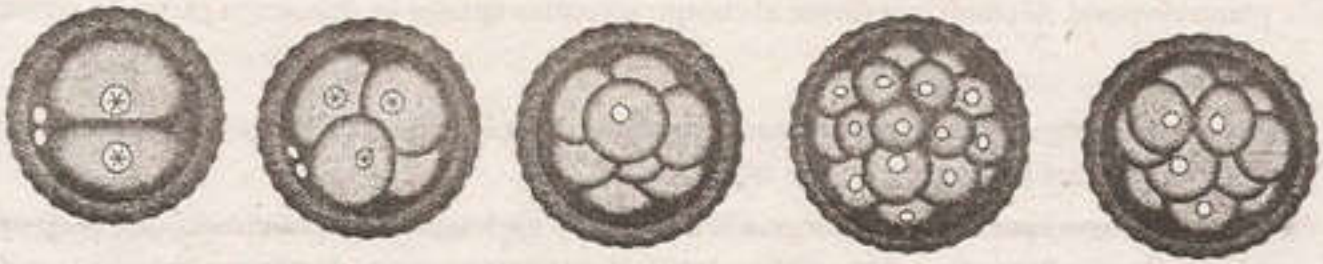
La formación de pliegues tanto de la superficie corporal como de parte de sus órganos, lleva a un aumento de eficiencia de estas. *Ejemplo:* las vellosidades y microvellosidades intestinales, los repliegues de las branquias y los alveolos pulmonares.

ESTRATEGIAS PARA EL AUMENTO DE SUPERFICIE CORPORAL



3.5. ESTRATEGIAS PARA EL AUMENTO DE TAMAÑO

El aumento del tamaño en animales ocurre fundamentalmente por el incremento del número de células. El logro de la multicelularidad ha sido una condición necesaria para el origen de los animales y, actualmente, para el crecimiento de los individuos a partir del huevo o cigote durante el desarrollo embrionario y el crecimiento juvenil, logrando millones de células que actúan coordinadamente para sostener al organismo.

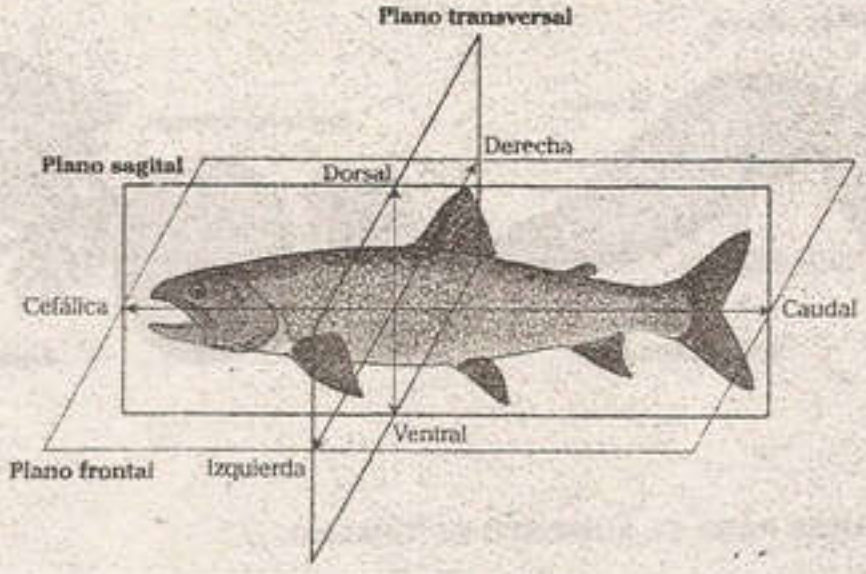


A pesar de la gran diversidad de formas animales y el enorme número de especies existentes, podemos encontrar que los animales se pueden organizar siguiendo unos pocos planes básicos estructurales. Los factores básicos que determinan la forma del organismo son la simetría, la polaridad axial, las proporciones, el tamaño y la metamería.

Los ejes del cuerpo humano pueden definirse como las líneas que atraviesan el cuerpo en las tres dimensiones del espacio, perpendiculares entre sí. Los tres ejes que atraviesan el cuerpo humano serían:

- **Eje cefalocaudal.** Es la línea imaginaria que atraviesa verticalmente el cuerpo desde la región cefálica hasta la caudal.
- **Eje dorsoventral.** Es el eje que atraviesa nuestro tronco de adelante hacia atrás.
- **Eje transversal (izquierdo-derecho).** Representa la línea imaginaria que atraviesa de lado a lado nuestro cuerpo.

Los ejes corporales definen planos corporales: frontal, sagital y transversal.



4.1. SIMETRÍA

Pocos animales, como las esponjas de mar, presentan un crecimiento desordenado, que les conduce a formas asimétricas. Sin embargo, la mayoría de animales presenta patrones de crecimiento que suelen mostrar diferentes tipos de simetría, y que se relacionan con modos de vida diferentes.

Por simetría entendemos la ordenación de las estructuras corporales con referencia a algún eje o plano corporal. Al plano que divide al cuerpo en partes iguales se denomina plano de simetría.

4.1.1. Simetría bilateral

La mayoría de organismos multicelulares presentan un único plano de simetría que divide al cuerpo en dos mitades iguales, derecha e izquierda.

Sus estructuras corporales se disponen a lo largo de un eje longitudinal polarizado, que va desde un extremo anterior llamado región cefálica, hasta el extremo posterior denominado región caudal.

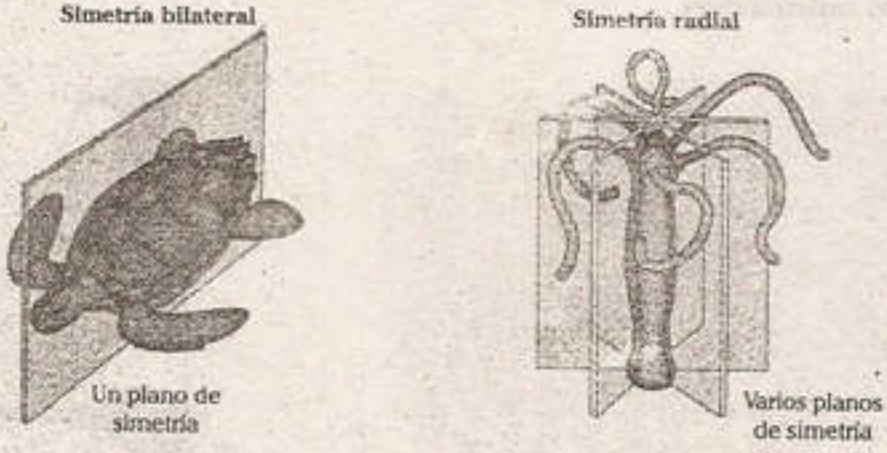
La cefalización o diferenciación de una región cefálica está asociada a la simetría bilateral con una gran concentración de órganos sensoriales y un mayor desarrollo del sistema nervioso en la región anterior del cuerpo, también presenta una direccionalidad en su movimiento y una vida muy activa.

También se diferencia una superficie dorsal de otra ventral. La superficie dorsal está relacionada con el ambiente, mientras que la superficie ventral está asociada al substrato y especializada en locomoción.

4.1.2. Simetría radial

Presentan varios planos de simetría que pasan a través de un eje oral-aboral. Alrededor de este eje se disponen de forma concéntrica las distintas estructuras corporales. Comprenden a los celentéreos, ctenóforos y equinodermos.

Esta simetría radial es propia, aunque no exclusiva, de especies sésiles, flotantes o nadadores lentos. Su principal ventaja es responder o confrontar al ambiente desde cualquier dirección. Su mayor inconveniente es su falta de centralidad (cualquier parte es tan importante como la otra) y la falta de direccionalidad de movimiento.



En el caso especial de que alrededor del eje oral-aboral solo pasen dos planos de simetría, como en ctenóforos, se denomina birradial. Cuando pasen cinco planos de simetría, como en estrella de mar, se denomina pentarradial.

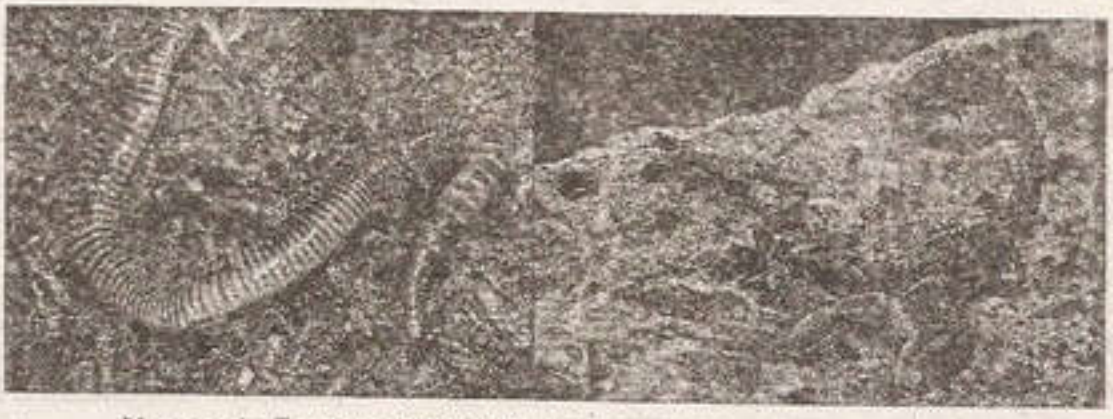
4.2. METAMERÍA: HOMONOMA Y HETERÓNOMA

Metamería es la división del cuerpo del animal en una serie longitudinal de unidades similares repetidas llamadas metámeros o somitas; se presenta en anélidos, artrópodos y cordados.

a. Cuando todos los metámeros son iguales, se llama **metamería homónoma**, es el caso de los anélidos. Hay repetición de ganglios nerviosos, vasos sanguíneos, metanefridios, porciones del tubo digestivo y músculos.

b. Cuando los metámeros son distintos, se llama **metamería heterónoma**. En artrópodos los metámeros se fusionan formando regiones funcional y morfológicamente diferentes llamados tagmas.

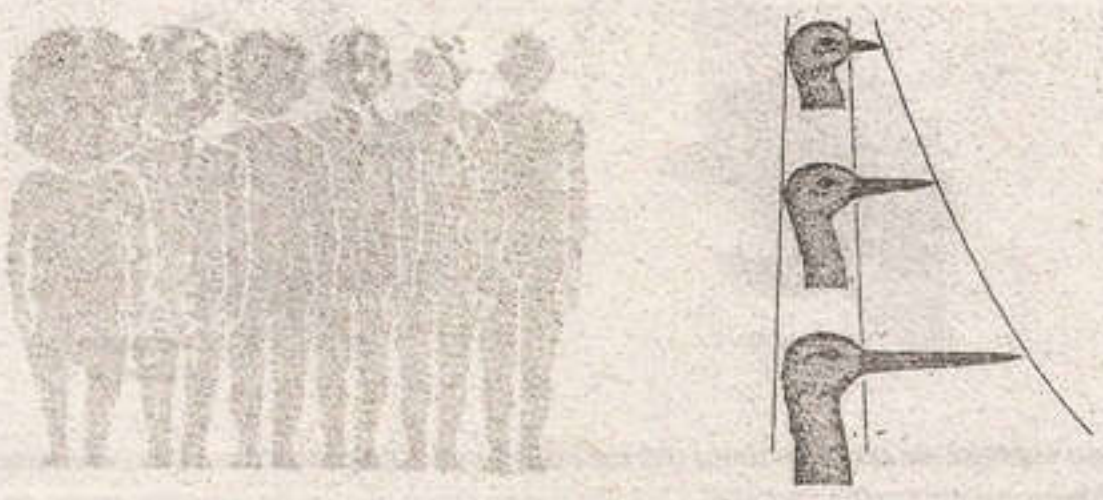
En cordados la metamería es aparente. Solamente en el esqueleto axial, músculos y nervios. Aunque en los embriones se ven otros órganos metamerizados.



Metamería. Tipo homónoma en lombriz de tierra y heterónoma en alacrán.

4.3. PROPORCIONES CORPORALES: ALOMETRÍA E ISOMETRÍA

Cuando un animal joven crece, sus proporciones también pueden cambiar. Este cambio de forma correlacionado con un cambio de tamaño se llama **alometría.** Ocurre en la mayoría de los animales. Cuando en el crecimiento las proporciones permanecen constantes se denomina **isometría,** es el caso de las salamandras.



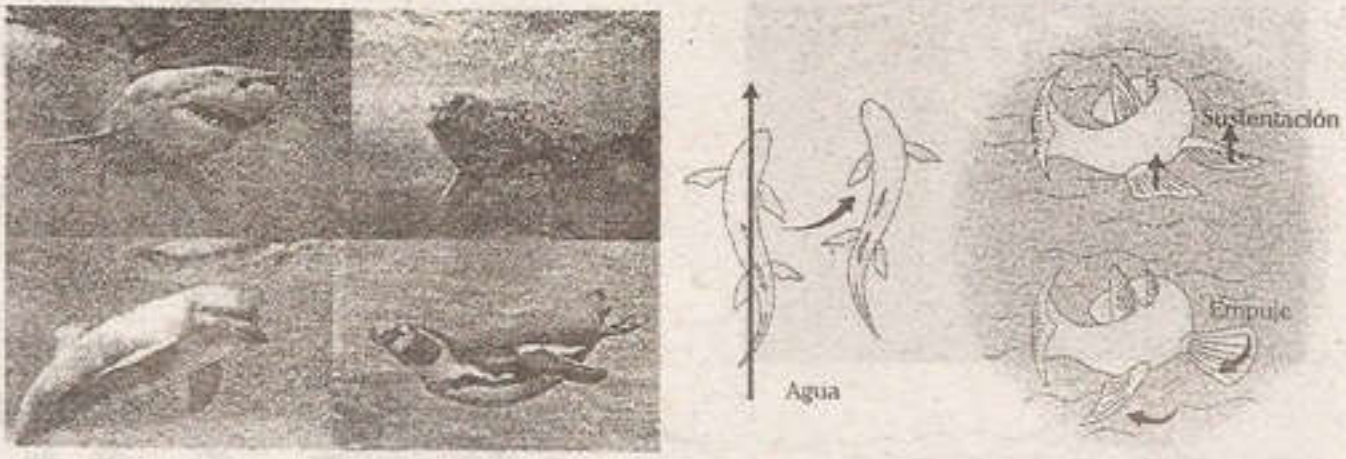
Alometría. En el desarrollo humano la cabeza crece proporcionalmente más respecto al resto del cuerpo. En el ave aguja, el pico crece proporcionalmente mucho más que todo el cráneo.

Isometría. En el crecimiento del pececillo plateado y la salamandra las proporciones corporales se mantienen constantes.

5. Adaptaciones morfológicas especiales

5.1. Para desplazarse en el agua

En muchos animales acuáticos, el cuerpo es alargado y aplanado, adquiriendo formas hidrodinámicas para moverse con mucha facilidad en un medio acuático. Estructuras de impulso que favorecen el desplazamiento en el agua son la presencia de aletas en peces, modificaciones similares en peces, pingüinos, cetáceos; y membranas interdigitales en patos, ranas, ornitorrinco, entre otros.



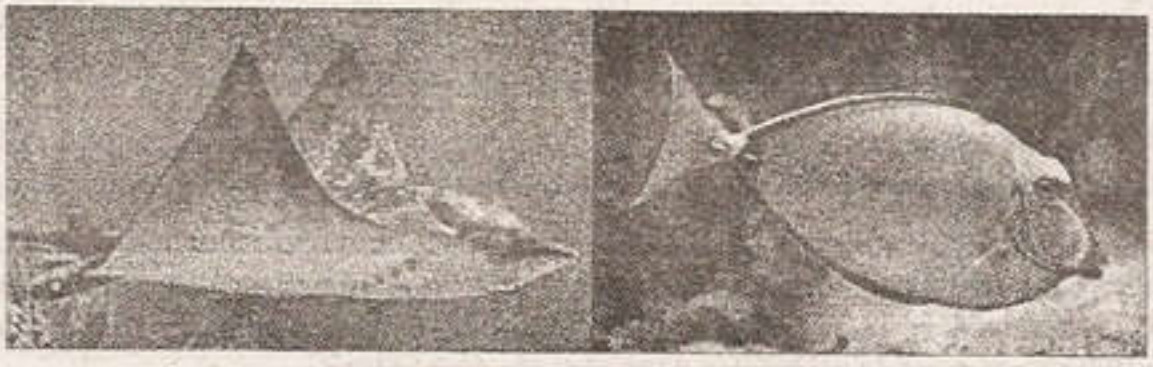
Forma hidrodinámica de algunos animales vertebrados, acompañado [illegible] movimientos corporales laterales y el movimiento de las aletas permitieron el desplazamiento en ambientes acuáticos.

La compresión corporal puede ser:

El cuerpo es aplanado de arriba hacia abajo; la aleta caudal en tiburones y la cola en salamandra, cocodrilo y ornitorrinco favorecen una gran propulsión en el medio. El cuerpo de la raya está altamente comprimido y las aletas pectorales son muy expandidas, como adaptación a su hábitat en zonas de mayor profundidad y presión.

El cuerpo del pez es plano de izquierda a derecha, característico de los peces óseos. La forma de la aleta caudal le favorece una mayor propulsión para la locomoción. En el lenguado los ojos se orientan a uno de los lados, y el otro lado está en contacto con el fondo marino.

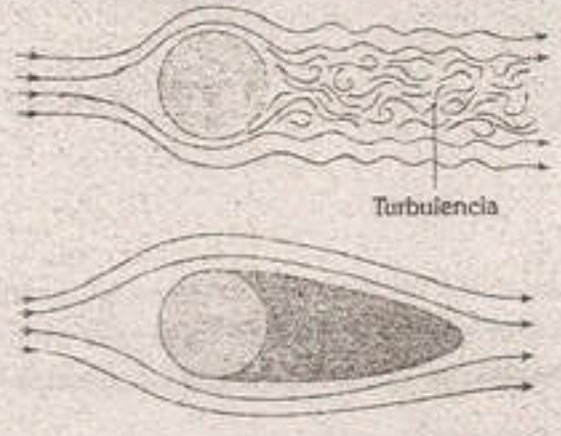
Compresión corporal



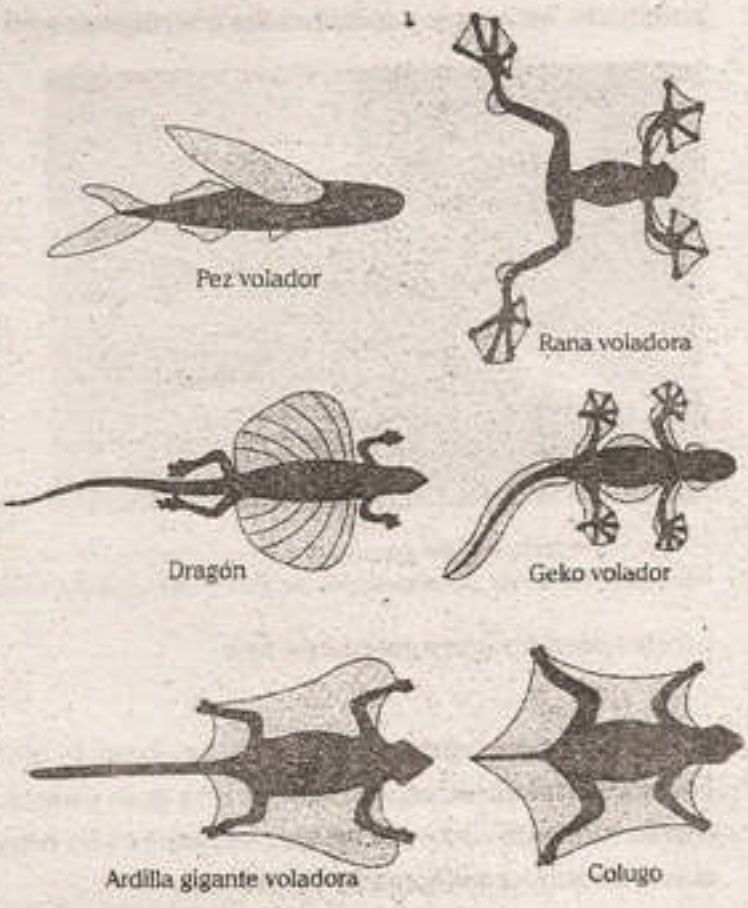
Dorsoventral en raya. Lateral en pez óseo.

Muchos animales terrestres como la mayoría de aves, un gran número de insectos y los murciélagos poseen apéndices corporales denominados alas, que favorecen el impulso durante el vuelo. En las aves la superficie de las alas y la dirección del vuelo aumenta con la presencia de plumas.

Aerodinámica en animales vertebrados



El perfil del ala en aves evita la turbulencia del aire durante el vuelo.



Superficie aerodinámica en algunos vertebrados

Además de las aves y murciélagos que vuelan, algunos mamíferos, insectos e incluso reptiles, anfibios y peces presentan superficies aerodinámicas que les permiten mantenerse en el aire durante cortos periodos de tiempo, el suficiente para cazar su alimento o escapar de los depredadores.

2.3. Formas para evitar la depredación

Entre las adaptaciones morfológicas para evitar la depredación, destacan:

- Estructuras rígidas protectoras, desde conchas en moluscos, dermoesqueleto con púas en equinodermos, exoesqueleto en insectos, caparazones en tortugas, púas córneas en erizos terrestres.
- Adquisición de formas similares a estructuras naturales como hojas, ramas, etc. que les permita pasar desapercibidas, por ejemplo: el insecto hoja, el insecto palo. Otros animales, como los camaleones, cambian el color de la piel mediante la dispersión o concentración de unas células portadoras de pigmentos denominadas cromatóforos.

- Órganos visuales a ambos lados de la cabeza. Característico de los animales presa, les permite un mayor campo visual para detectar a los depredadores; mientras que en los depredadores la visión es frontal y estereoscópica, se concentran en la presa con ambos ojos a la vez.

APLICACIONES DEFENSIVAS EN ANIMALES

Dermoesqueleto con púas en erizo de mar.

Camuflaje en Gecko cola de hoja.

Referencias bibliográficas

- BURGGREN, W. y K. FRENCH. *Eckert Fisiología Animal: mecanismos y adaptaciones*. Cuarta edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 1998.
- HICKMAN, Cleveland; ROBERTS, Larry; LARSON, Allan; l'ANSON, Helen y David EISENHOUR. *Principios integrales de zoología*. Decimotercera edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- KARDONG, KV. *Vertebrados. Anatomía comparada, función, evolución*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 1999.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

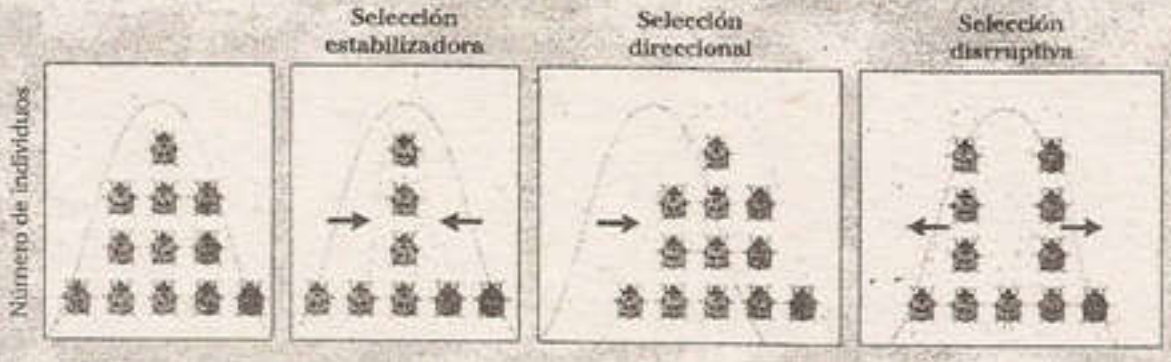
18 de agosto del 2020

Lectura

Aspectos evolutivos del tamaño y la forma animal

El tamaño y la forma animal son resultado de la presión selectiva del medio a lo largo de millones de años. La selección natural favorece la sobrevivencia y éxito reproductivo de los individuos mejor adaptados al cambio ambiental. Según los rasgos fenotípicos, tales como el tamaño y la forma favorecidos en una población, a lo largo del tiempo se reconocen tres formas básicas de selección.

- **Selección direccional.** Favorece a los individuos que presentan un fenotipo extremo con respecto a la media de la población. En el curso de muchas generaciones dará como resultado una tendencia evolutiva dentro de la población.
- **Selección estabilizadora.** Favorece a los individuos que poseen un valor promedio para una característica cualquiera. Las condiciones desfavorables tienden a eliminar a los fenotipos extremos haciendo la población más uniforme.
- **Selección disruptiva.** Favorece en forma simultánea a individuos situados en ambos extremos fenotípicos de la población. Esto significa que dos o más fenotipos están mejor adaptados que el intermedio entre ellos.



Preguntas resueltas

Pregunta 1

Parte de la morfología animal que trata de definir los tipos de organización y planes arquitectónicos, según los cuales está constituido el cuerpo de los distintos grupos zoológicos.

A) embriología
B) taxonomía
C) sistemática
D) promorfología
E) filogenia

Resolución

La promorfología es una disciplina dentro de la morfología animal que estudia las formas corporales, su desarrollo y funcionabilidad.

Clave D

Pregunta 2

La diversidad morfológica animal resultante de un proceso evolutivo es consecuencia de

A) la herencia de caracteres adquiridos.
B) la acción selectiva del medio.
C) la ley del uso y desuso.
D) las mutaciones presentes.
E) un diseño inteligente.

Resolución

La acción selectiva del medio natural favorece la supervivencia de aquellas especies que tienen ventajas adaptativas, seleccionando aquellos que son aptos y superviven frente a las condiciones cambiantes del medio.

Clave B

Pregunta 3

Que durante la evolución de los tiburones y cocodrilos se haya apreciado una reducción sostenida del tamaño corporal, se considera una

A) prueba del papel selectivo del medio.
B) reafirmación de la regla de Cope.
C) manifestación de la ley del uso y desuso.
D) excepción más de la regla de Cope.
E) evidencia que la necesidad hace al órgano.

Resolución

La regla de Cope propone que un mayor tamaño proporciona mayor estabilidad interior, por lo que en animales se aprecia la tendencia evolutiva de desarrollar tamaños cada vez más grandes. Hallazgos paleontológicos recientes han considerado muchas excepciones a esta regla, tal es el caso de la tendencia del tamaño en el proceso evolutivo de tiburones y cocodrilos.

Clave D

Pregunta 4

Qué animal del siguiente listado posee una organización de tipo celular.

A) hidra
B) malagua
C) esponja de mar
D) planaria
E) anémona

Resolución

Las esponjas de mar poseen cierto grado de diferenciación celular, sin embargo la cohesión entre ellas es relativamente baja, pudiendo separarse y reorganizarse, ya que no forman tejidos.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 5

Simetría típica de especies con direccionalidad en su movimiento.

A) esférica
B) radial
C) pentarradial
D) asimétrico
E) bilateral

Resolución

Los organismos que tienen una direccionalidad en su movimiento poseen simetría bilateral. El eje céfalo-caudal de su cuerpo se ha polarizado, desarrollando una región cefálica que, a diferencia de la región caudal, posee gran concentración de órganos sensoriales y un mayor desarrollo del sistema nervioso.

Clave B

Pregunta 6

En animales cuyo cuerpo tiene simetría radial, todos los planos de simetría pasan por el eje .....

A) dorso-ventral.
B) céfalo-caudal.
C) oral-aboral.
D) transversal.
E) anteroposterior.

Resolución

Los animales con simetría radial o monoaxónica poseen varios planos de simetría que pasan por el eje oral-aboral, el cual se proyecta entre la boca y el ano del animal. Esta forma de simetría la encontramos en celentéreos y equinodermos.

Clave C

Pregunta 7

La polaridad del eje céfalo-caudal durante el desarrollo embrionario de vertebrados, conduce

A) al crecimiento de la cola postanal.
B) a la cefalización embrionaria.
C) al desarrollo de los sentidos.
D) al origen de la notocorda.
E) a la formación de la columna vertebral.

Resolución

La polarización céfalo-caudal en sus primeras etapas de crecimiento embrionario favorece el desarrollo de la cabeza o cefalización como región principal que regulará las funciones del resto del cuerpo. A nivel del sistema nervioso existe un gran desarrollo de vesículas que darán origen al encéfalo.

Clave B

Pregunta 8

Según las leyes en la organización de los cuerpos si aumenta el tamaño, esto ocasiona la disminución de la ..... .

A) reproducción asexual
B) capacidad metabólica
C) formación de gametos
D) producción de huevos
E) capacidad de cuidados

Resolución

El aumento de tamaño disminuye la capacidad metabólica, ya que el aumento de la superficie para la captación de nutrientes no se da con la misma intensidad que el aumento del volumen celular o número de células. La eficiencia del metabolismo energético disminuye.

Clave B

Lumbreras Editores

Pregunta 9

Animal con una metamería externa e interna.

A) serpiente
B) culebra
C) insectos
D) lombriz de tierra
E) ascáridos

Resolución

Los anélidos, como las lombrices de tierra, se caracterizan porqué su cuerpo está dividido externa e internamente en segmentos prácticamente iguales denominados metámeros o somites.

Clave: D

Pregunta 10

El crecimiento mayor de una de las tenazas del cangrejo violinista es un ejemplo de

A) isometría.
B) alometría.
C) metamería.
D) homonomía.
E) heteronomía.

Resolución

La alometría se refiere a los cambios de dimensión relativa de las partes corporales correlacionados con los cambios en el tamaño total, durante el desarrollo del organismo. Es el caso del crecimiento mayor del cuerpo humano respecto al crecimiento de la cabeza o de una de las tenazas del cangrejo violinista.

Clave: B

Pregunta 11

Estrategia para aumentar la superficie corporal.

A) cefalización y metamerización
B) plegamiento y aplanamiento
C) aumento del tamaño y volumen
D) incremento de la tasa metabólica
E) polarización del eje corporal

Resolución

El aumento de la superficie corporal por aplanamiento y replegamiento, permite conseguir una relación superficie-volumen favorable para un mejor intercambio de sustancia con el medio, importante para la absorción de nutrientes y el intercambio gaseoso.

Clave: B

Pregunta 12

En la evolución de vertebrados y bajo condiciones ambientales estables, se tiende a

A) la reducción de la tasa metabólica.
B) el aumento de la tasa metabólica.
C) el aumento del tamaño corporal.
D) la reducción del tamaño corporal.
E) el aumento de la relación superficie/volumen.

Resolución

En la historia evolutiva de muchos grupos de animales puede observarse una tendencia al aumento de su tamaño corporal, llegando algunas veces a desarrollar formar gigantescas. Ejemplo: algunas especies de dinosaurios, elefantes, caballos, camellos, rinocerontes, jirafas y cetáceos. Este fenómeno es conocido como la regla de Cope.

Clave: C

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Los animales que se organizan formando tejidos se denominan

A) metazoos. B) mesozoos.
C) protozoos.
D) parazoos. E) antozoos.

2. El replegamiento superficial corporal lleva a un aumento de eficiencia de procesos como

A) el crecimiento corporal.
B) el intercambio gaseoso.
C) el transporte interno de sustancias.
D) la respuesta a estímulos.
E) el metabolismo celular.

3. A la repetición de las partes de un animal, a lo largo de un eje céfalo-caudal, se le denomina

A) cefalización.
B) metamería.
C) replegamiento.
D) aplanamiento.
E) asimetría.

4. La gemación que se presenta en algunos animales hace posible que los nuevos organismos no vivan independientemente de los progenitores; esta característica favorece la formación de

A) pluricelularidad.
B) multicelularidad.
C) colonias.
D) nidación.
E) individuos metámeros.

5. Pocos animales presentan un crecimiento desordenado, que les conduce a formas asimétricas, como es el caso de

A) cnidarios.
B) celentéreos.
C) esponjas.
D) hidras.
E) anémonas.

6. El eje longitudinal en el cuerpo de un pez también es denominado

A) dorso-ventral.
B) céfalo-caudal.
C) transversal.
D) oral-aboral.
E) sagital.

7. Plano que divide a un órgano de simetría bilateral en dos mitades, derecha e izquierda.

A) cubital
B) dorsal
C) sagital
D) frontal
E) diagonal

8. La lombriz de tierra se diferencia del resto de animales por presentar una

A) cefalización marcada.
B) metamerización homónoma.
C) metamerización heterónoma.
D) respiración cutánea.
E) vascularización del epitelio.

Lumbreras Editores

9. Los cuerpos hidrodinámicos, como en los peces, presentan numerosas adaptaciones para el medio, no correspondiendo a estas

A) el cuerpo fusiforme.
B) el cuerpo plano.
C) la cabeza aguda.
D) el desarrollo de aletas.
E) la aleta caudal en punta.

10. En los peces óseos la compresión corporal es

A) dorso-ventral.
B) céfalo-caudal.
C) sagital.
D) lateral.
E) anteroposterior.

11. Los genes que establecen el eje corporal y la disposición de órganos en el cuerpo animal son denominados

A) somáticos.
B) Hox.
C) autosómicos.
D) holándricos.
E) ginándricos.

12. Los fundamentos genéticos de los planes corporales son estudiados por la

A) embriología.
B) genética.
C) biología del desarrollo.
D) citogenética.
E) biología molecular.

13. Cuando un organismo posee varios planos de simetría alrededor de un eje longitudinal, se denomina simetría de tipo

A) bilateral.
B) radial.
C) birradial.
D) esférica.
E) irregular.

14. La simetría birradial es manifestada por un reducido grupo de organismos como los

A) poríferos.
B) cnidarios.
C) ctenóforos.
D) platelmintes.
E) equinodermos.

15. Eje que determina la longitud del cuerpo animal.

A) cefalocaudal
B) transversal
C) dorsoventral
D) lateral
E) radial

16. Entre las principales adaptaciones de animales depredadores, tenemos la

A) naturaleza sésil.
B) visión bilateral.
C) visión estereoscópica.
D) dermis con caparazón.
E) naturaleza gregaria.

Lumbreras Editores

17. Durante el desarrollo del "ave espátula", el crecimiento de su pico se realiza en mayor proporción al resto de su cuerpo, este crecimiento es de tipo

A) metamérico.
B) alométrico.
C) isométrico.
D) vestigial.
E) homómero.

18. En el insecto "pececillo de plata", el crecimiento proporcional de cada parte de su estructura corporal durante su desarrollo se denomina

A) heterómero.
B) isométrico.
C) hemimetábolo.
D) alométrico.
E) holometábolo.

19. Organismos animales cuyas células poseen bajo grado de cohesión e interdependencia, y por tanto son incapaces de formar tejidos.

A) metazoos
B) homómeros
C) parazoos
D) heterómeros
E) protozoos

20. El sistema nervioso central de los vertebrados tiene un recorrido a lo largo del eje corporal

A) dorsoventral.
B) anteroposterior.
C) cefalocaudal.
D) transversal.
E) radial.

Lumbreras Editores

twitter.com/calapenshko

Ricardo Max Paredes Quinteros

Capítulo XVI

Taxonomía animal

Objetivos

- Conocer los criterios embriológicos y morfológicos de la clasificación de los animales.
- Conocer las características generales de los principales grupos animales.

Introducción

Los animales constituyen un reino muy diverso, sin embargo, las distintas especies comparten las siguientes características en común:

- Todos los animales son **eucariontes multicelulares**, es decir, poseen muchas células nucleadas. Las células de los animales carecen de pared rígida y están especializadas para realizar funciones específicas.
- En todos los animales, excepto los más sencillos como las esponjas, las células se organizan en tejidos, es decir, son **pluricelulares**, y los tejidos se organizan en órganos. Los órganos constituyen los aparatos o sistemas corporales que realizan funciones especializadas.
- Los animales son de **nutrición heterótrofa**, es decir, se alimentan de otros organismos. Casi todos los animales primero ingieren el alimento y después lo digieren dentro del cuerpo, por lo regular en un sistema digestivo, por ello se dice que son **holozoicos**.
- La mayor parte de los animales tiene alguna forma de **locomoción o taxia**, cuando menos en alguna fase de su ciclo vital. Sin embargo, hay algunos animales, por ejemplo las esponjas, que son sésiles, se fijan firmemente a un sustrato en la fase adulta.
- Los animales se distinguen por presentar un sistema que controla de forma rápida el funcionamiento del cuerpo, conocido como **sistema nervioso**. Este les permite reaccionar frente a los estímulos externos (alimento, enemigos, depredadores, pareja sexual, etc.) e internos.

1 ▸ Origen de los animales

Los animales proceden de los protozoos, que son organismos unicelulares de nutrición heterótrofa. Se cree que hace 542 millones de años, a fines del Precámbrico, varias líneas de protistas heterótrofos que vivían en el lecho marino probablemente cruzaron la débil frontera entre el colonialismo y la pluricelularidad, y de esta forma se originaron los animales.

Sin embargo, entre los zoólogos existen discrepancias respecto a qué grupo de estos animales surgieron y de qué modo lo hicieron. Las tres teorías más importantes son la teoría sincitial ciliada, la teoría colonial flagelada y la teoría del origen polifilético.

1.1. Teoría sincitial ciliada

Afirma que los animales surgieron de un protozoario ciliado sincitial multinucleado, en el que se desarrollaron con posterioridad límites celulares.

1.2. Teoría colonial flagelada

Sostiene que los animales surgieron de protozoarios flagelados coloniales que se agruparon, luego las células se fueron especializando de forma gradual, haciéndose más interdependientes.

1.3. Teoría del origen polifilético

Afirma que derivaron de varios grupos de protozoarios. Asimismo, sostiene que las esponjas, los celentéreos y los platelmintos se originaron independientemente.

Lumbreras Editores

Filogenia animal

La filogenia animal trata de la historia evolutiva de los animales, su origen y transformación a través del tiempo y en un determinado espacio.

Los diversos grupos de animales se han formado como consecuencia de presiones internas y presiones externas. Dentro de las presiones internas tenemos las mutaciones, las recombinaciones genéticas o *crossing over* durante la meiosis, la reproducción sexual y la deriva genética.

Dentro de las presiones externas tenemos el aislamiento geográfico y la selección natural.

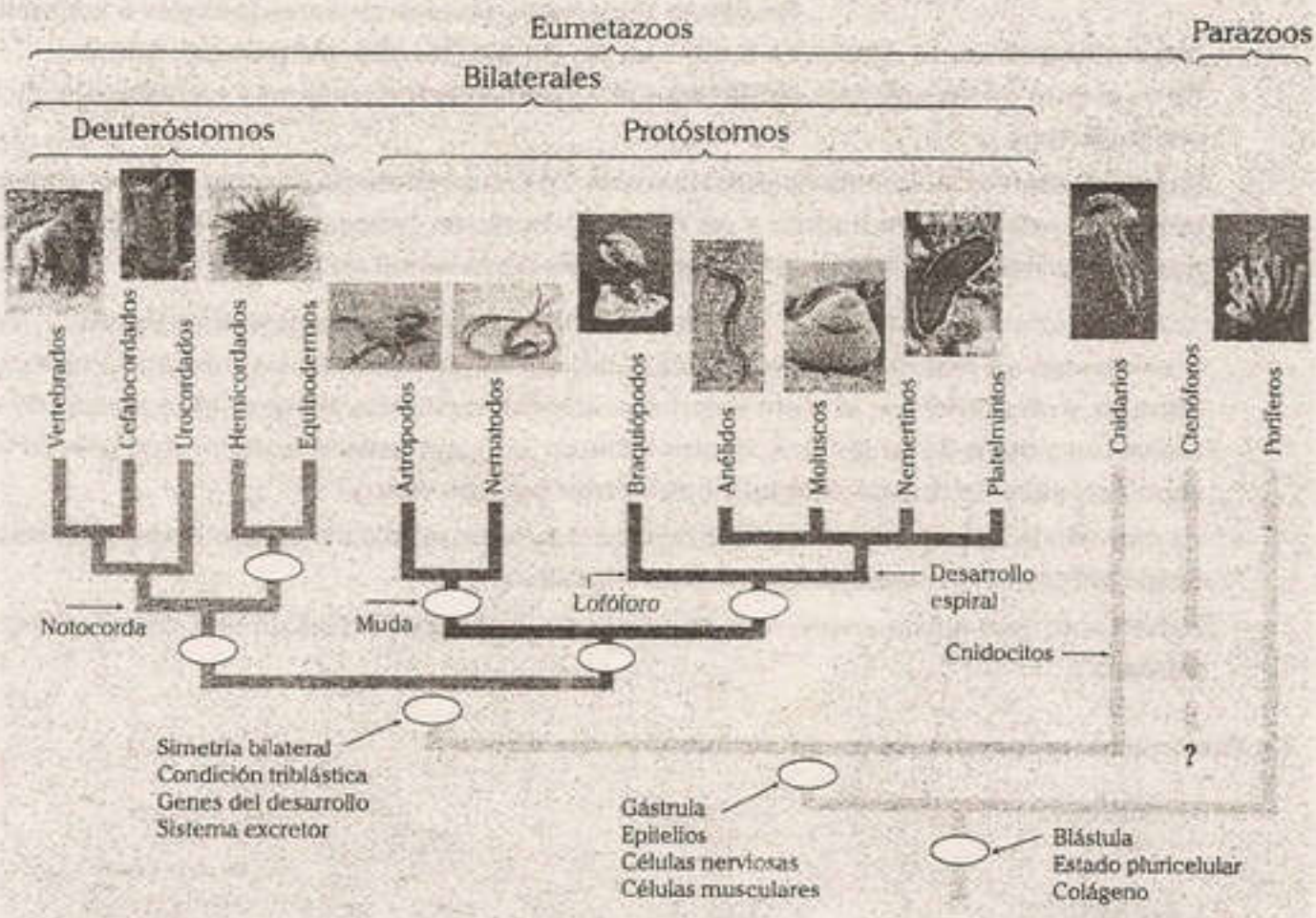
2 ▸ Criterios de clasificación

El grado de semejanza y diferencia que existe entre las especies animales permite que los zoólogos taxonómicos los clasifiquen en grupos menores y mayores, tratando de generar un sistema que represente las relaciones evolutivas entre los grupos.

Las clasificaciones actuales de los animales emplean todos los datos disponibles de la morfología animal, la fisiología, la embriología, la distribución y la genómica.

Cabe indicar que existen diferencias de opinión entre los zoólogos cuando se trata de considerar la validez de un sistema que represente la historia evolutiva de los animales, porque muchos hechos y datos pueden ser interpretados de diferente forma. Esto hace de la taxonomía animal una ciencia dinámica que se nutre constantemente de nueva información, sobre todo de la genómica.

Sin embargo, los criterios de clasificación que vamos a desarrollar son los aportados por la **morfología animal**: la organización tisular, la simetría y la metamería; y por la **embriología animal**, es decir, el estudio del desarrollo embrionario.



2.1. CRITERIOS DE LA MORFOLOGÍA ANIMAL

La clasificación de los animales se ha basado en gran medida en los caracteres o peculiaridades de rasgos estructurales, como la organización tisular, la simetría y la metamería; asimismo se consideran el tamaño, las proporciones, la coloración y rasgos merísticos (que se puedan contar).

2.1.1. Según la organización tisular

a. **Animales celulares.** Son los animales más simples, carecen de tejidos y el cuerpo está constituido por la asociación de células con funciones propias.

Dentro de este grupo tenemos a los **parazoarios** y a los **mesozoarios**. Los parazoarios incluyen a las esponjas de mar (poríferos), que presentan una gran diversidad de células. Los mesozoarios incluyen a animales que tienen solo dos tipos de células.

b. **Animales tisulares.** Son organismos con tejidos y órganos especializados que se desarrollan a partir de embriones, se les denomina **eumetazoarios o eumetazoos**; entre los cuales tenemos a los celentéreos, ctenóforos, platelmintos, nemátodos, gastrótricos, rotíferos, moluscos, artrópodos, anélidos, equinodermos y cordados.

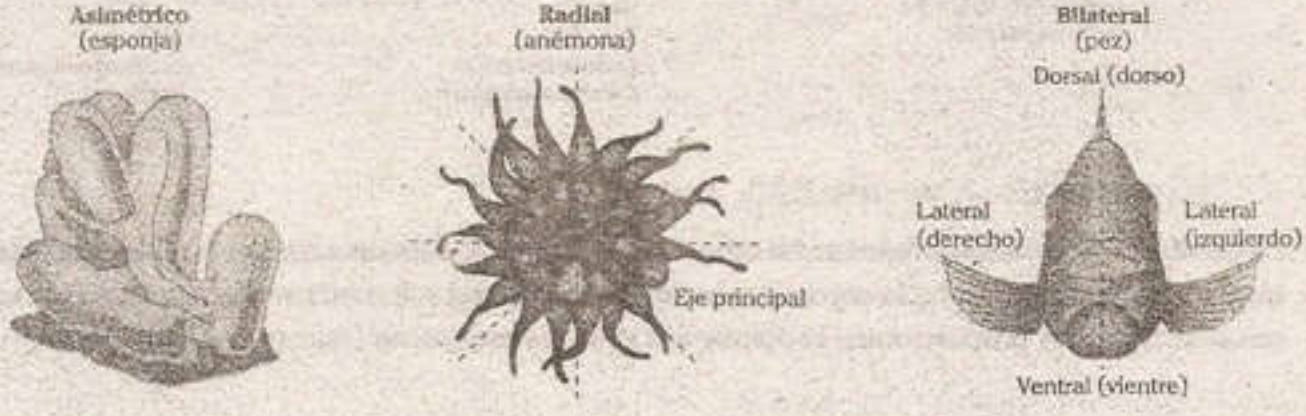
2.1.2. Según la simetría

La simetría es la disposición de los órganos con respecto a un eje. Según su simetría los animales pueden ser:

a. Animales de simetría radial. Presentan sectores corporales similares (radiales o antímeros) dispuestos de manera regular, en torno a un eje central (medio) que pasa por la boca.
Tal es el caso de los animales clasificados como radiados (celentéreos y ctenóforos) y de los equinodermos.
En los celentéreos la simetría es radial primaria. En los ctenóforos la simetría radial es primaria, pero en el estado adulto retorna a ser bilateral, condición conocida como birradial. Mientras que los equinodermos adultos presentan simetría pentarradial secundaria.

b. Animales de simetría bilateral. Tienen el cuerpo con dos mitades, derecha e izquierda, idénticas cuando se realiza un plano vertical (sagital). Se caracterizan por presentar una parte **anterior** y otra posterior, la parte anterior se mueve hacia delante, tiene cierto grado de **cefalización** y suele llevar la boca; el otro extremo se llama **posterior**. Asimismo poseen una superficie superior llamada **dorsal** y otra inferior llamada **ventral.**
La mayoría de animales tiene este tipo de simetría y se los clasifica como **animales bilaterales**, desde los primitivos platelmintos hasta los mamíferos.
Cabe anotar que los equinodermos en su estadio embrionario poseen una simetría bilateral primaria.

CLASIFICACION DE LOS ANIMALES POR SU SIMETRÍA



2.1.3. Según la metamería

En los anélidos, artrópodos y cordados encontramos la **metamería**, que viene a ser la repetición seriada de segmentos del cuerpo, a lo largo del eje longitudinal. Cada segmento se llama **metámero** o **somite**.

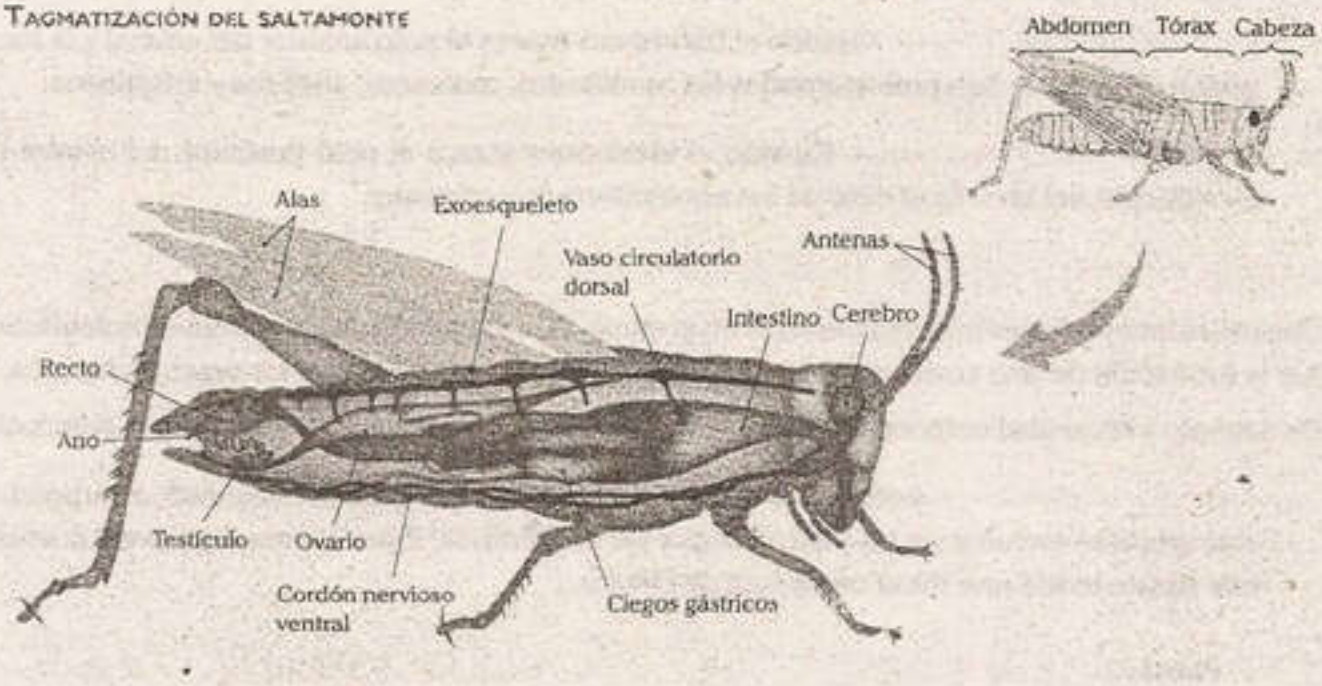
Según su metamería los animales pueden ser:

a. Animales homómeros. Cuando tienen segmentos muy similares, como es el caso de los anélidos, cuyo cuerpo está dividido en somites o anillos casi idénticos.

b. Animales heterómeros. Presentan segmentos diferentes, altamente especializados.

Los artrópodos poseen una **segmentación principalmente externa**. En el caso de los insectos, la segmentación se ha desarrollado al punto de formar tres regiones de segmentos: la cabeza, el tórax y el abdomen, esta condición se denomina **tagmatización**.

TAGMATIZACIÓN DEL SALTAMONTE



Los cordados poseen una **segmentación principalmente interna**, músculos, columna vertebral en los vertebrados, nervios y algunos vasos sanguíneos.

2.2. CRITERIOS DE LA EMBRIOLOGÍA ANIMAL

La embriología animal estudia las etapas del desarrollo embrionario. Muchas de las bases más importantes que se emplean para diferenciar los taxones superiores animales son embrionarias, tales como el número de capas embrionarias, la presencia del celoma y el destino del blastoporo. Otros criterios utilizados son el tipo de huevo, así como el tipo de segmentación del huevo.

2.2.1. Según el número de hojas embrionarias

Las hojas embrionarias son capas de células embrionarias que aun no han empezado a transformarse en células tisulares maduras, las cuales darán origen a tejidos diferenciados y estos a su vez a los órganos (organogénesis).

De acuerdo al número de capas embrionarias formadas durante la gastrulación tenemos:

a. Animales diploblásticos. Aquellos que forman dos hojas embrionarias (ectodermo y endodermo). Son diploblásticos los celentéreos y los ctenóforos.

b. Animales triploblásticos. Aquellos que forman tres hojas embrionarias (ectodermo, endodermo y mesodermo). Son triploblásticos los platelmintos, nemertinos, nematelmintos, gastrótricos, rotíferos, moluscos, artrópodos, anélidos, equinodermos y cordados.

El blastoporo es la abertura que forma el embrión en el estadio de gastrulación, es decir, la abertura del arquenterón (intestino primitivo). De acuerdo a su destino en el estadio definitivo del organismo, los animales se clasifican en:

a. **Animales protostomados.** Cuando el blastoporo marca el polo anterior del animal y la localización de la boca. Son protostomados los nemátodos, moluscos, anélidos y artrópodos.

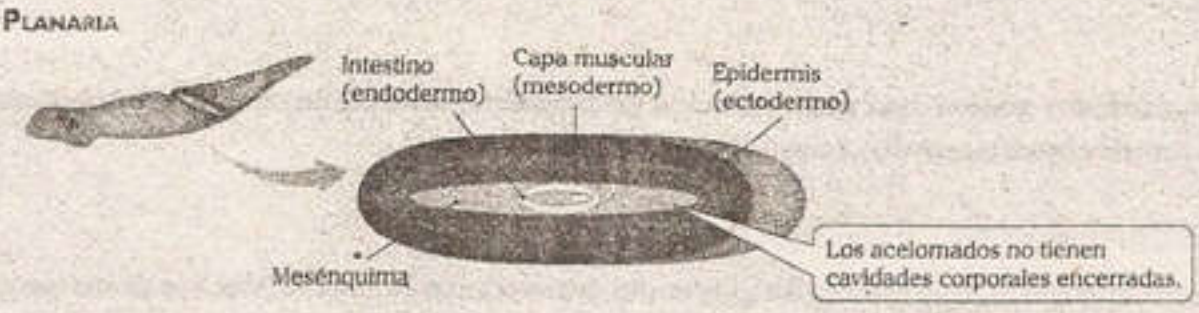
b. **Animales deuterostomados.** Cuando el blastoporo marca el polo posterior del animal y la localización del ano. Es el caso de los equinodermos y cordados.

2.2.3. Según la formación de cavidades corporales

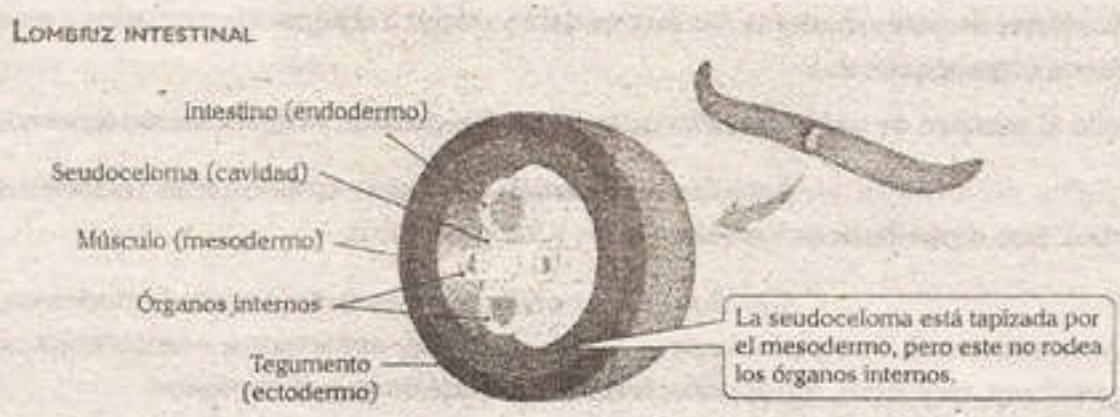
Una de las innovaciones más significativas en el curso de la evolución de los animales triploblásticos fue la formación de una cavidad del cuerpo, que permite la expansión de los órganos internos.

De acuerdo a la cavidad corporal, los animales triploblásticos se clasifican en tres grupos principales:

a. **Acelomados.** Son los animales triploblásticos que carecen de cavidad corporal. En este grupo se encuentran los platelmintos y los nemertinos. Entre el tubo digestivo y la epidermis se encuentra una masa compacta de células.



b. **Pseudocelomados.** Son los animales triploblásticos en los que el blastocele da origen a una cavidad adulta denominada pseudoceloma. El pseudoceloma lleno de líquido funciona como un esqueleto hidrostático. En este grupo se encuentran los nemátodos, los gastrótricos y los rotíferos.

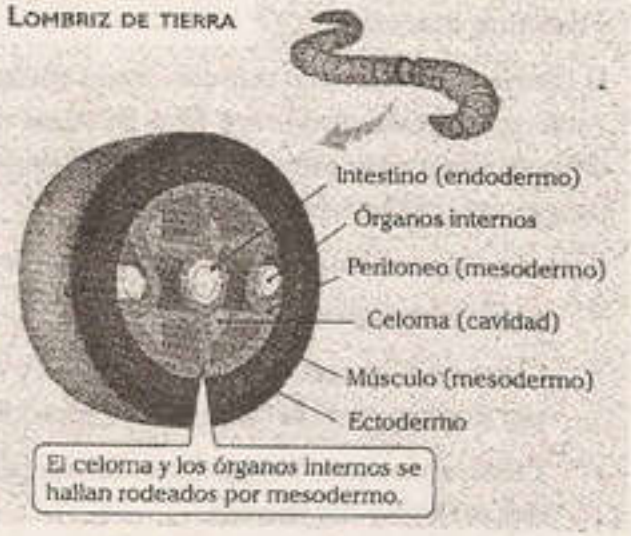


Son los animales triploblásticos en los que el mesodermo da origen al celoma, tapizado por una membrana denominada **peritoneo**.

Cuando el celoma se forma por división de las células mesodérmicas se les llama **esquizocelomados**, como es el caso de los moluscos. Cuando el celoma deriva de un mesodermo formado a partir de bolsas del arquenterón se les denomina **enterocelomados**, como es el caso de los cordados inferiores llamados anfioxos.

El celoma de los moluscos y de los artrópodos recibe el nombre de **hemocele** porque participa como cavidad circulatoria.

LOMBRIZ DE TIERRA



3. PRINCIPALES FILA ANIMALES

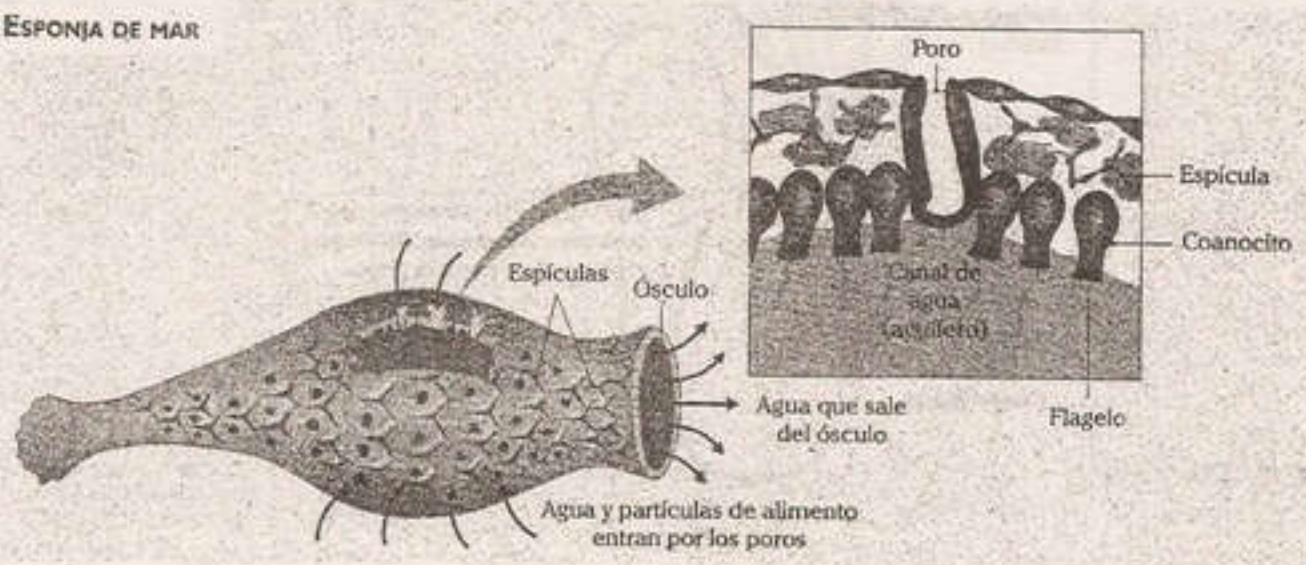
3.1. FILUM PORIFERA

Son los animales de organización más simple; se trata de animales invertebrados acuáticos que carecen de tejidos y órganos. Formados por la asociación de células con funciones vitales independientes (nutrición, excreción e intercambio gaseoso).

El cuerpo presenta una gran cantidad de poros superficiales que comunican con conductos internos a través de los cuales se moviliza agua constantemente; asimismo, una cavidad interna llamada espongiocele, tapizada por unas células flageladas llamadas coanocitos, y una o más aberturas grandes llamadas ósculos.

- **Clase calcárea.** Con espículas de carbonato de calcio, como Leucosolenia y *Scypha*.
- **Clase hexactinélidas.** Con espículas de sílice (esponjas vítreas) como *Euplectella*
- **Clase demosponjas.** Con esqueleto de espongina o sílice o sin él, como *Spongilla*.
- **Clase escleroesponjas.** Esponjas de esqueleto macizo de carbonato de calcio, como *Merlia*.

ESPONJA DE MAR



3.2. FILUM CELENTEREOS (CNIDARIOS)

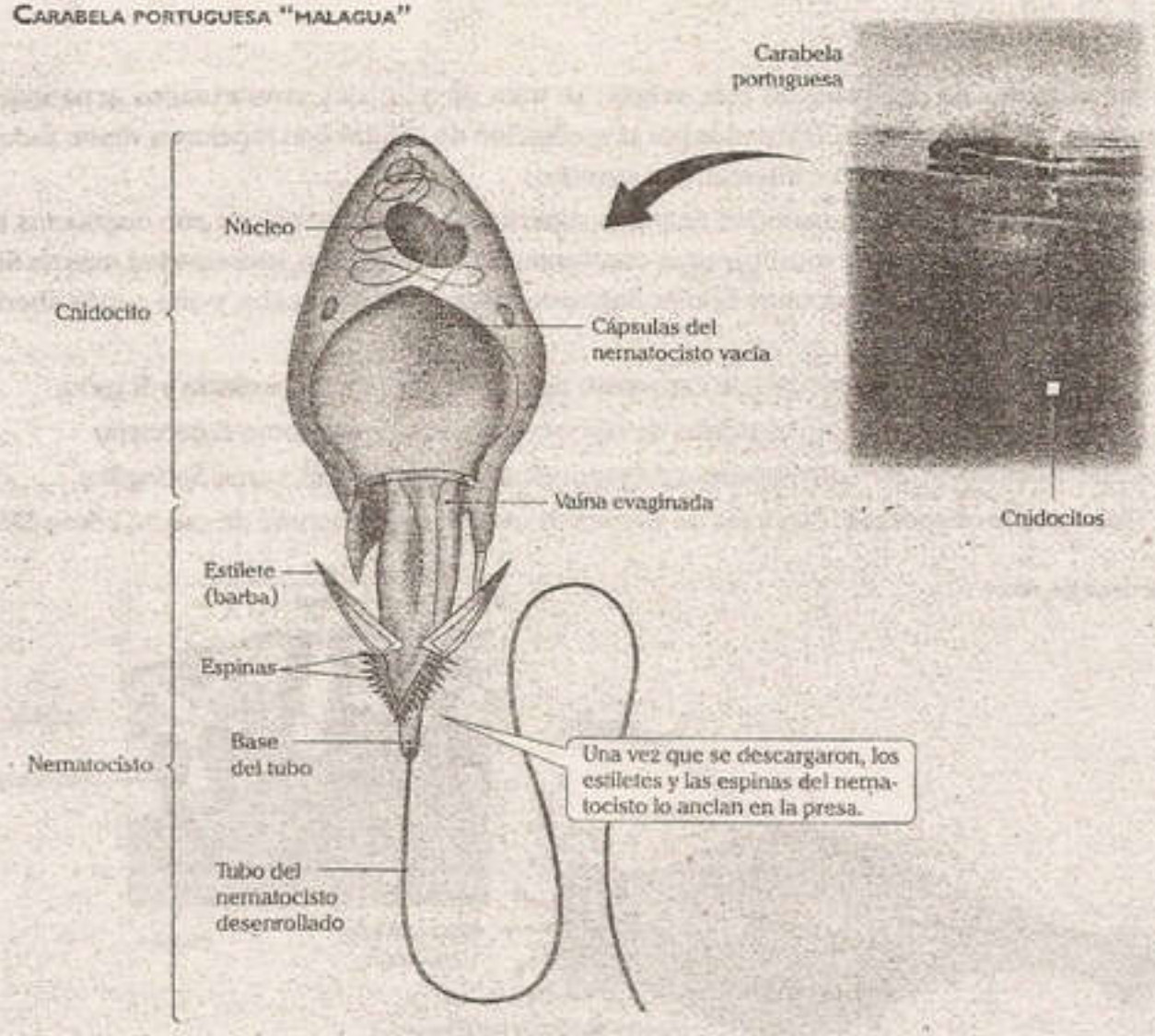
Son animales invertebrados acuáticos de simetría radial, generalmente con tentáculos con cnidocitos y células provistas de estructuras urticantes llamadas **nematocistos**, utilizados para paralizar y capturar a sus presas.

El cuerpo está formado por dos capas tisulares, la epidermis (externa) y la gastrodermis (interna), y una capa gelatinosa entre ellas llamada mesoglea (en donde encontramos el sistema nervioso difuso); solamente tienen una cavidad corporal llamada celenterón o cavidad gastrovascular, que posee una sola abertura llamada boca.

A los de vida sedentaria se les llama pólipos y a los de vida móvil se les denomina medusas.

- **Clase hidrozoos.** Pólipos y medusas generalmente pequeños, como las hidras.
- **Clase escifozoos.** Pólipos pequeños y medusas que pueden ser muy grandes. Se caracterizan por la metagénesis (alternan su reproducción asexual y sexual), como las malaguas.
- **Clase antozoos.** Solo poseen forma pólipo, de tentáculos muy numerosos, como las anémonas de mar y los corales.

CARABELA PORTUGUESA "MALAGUA"

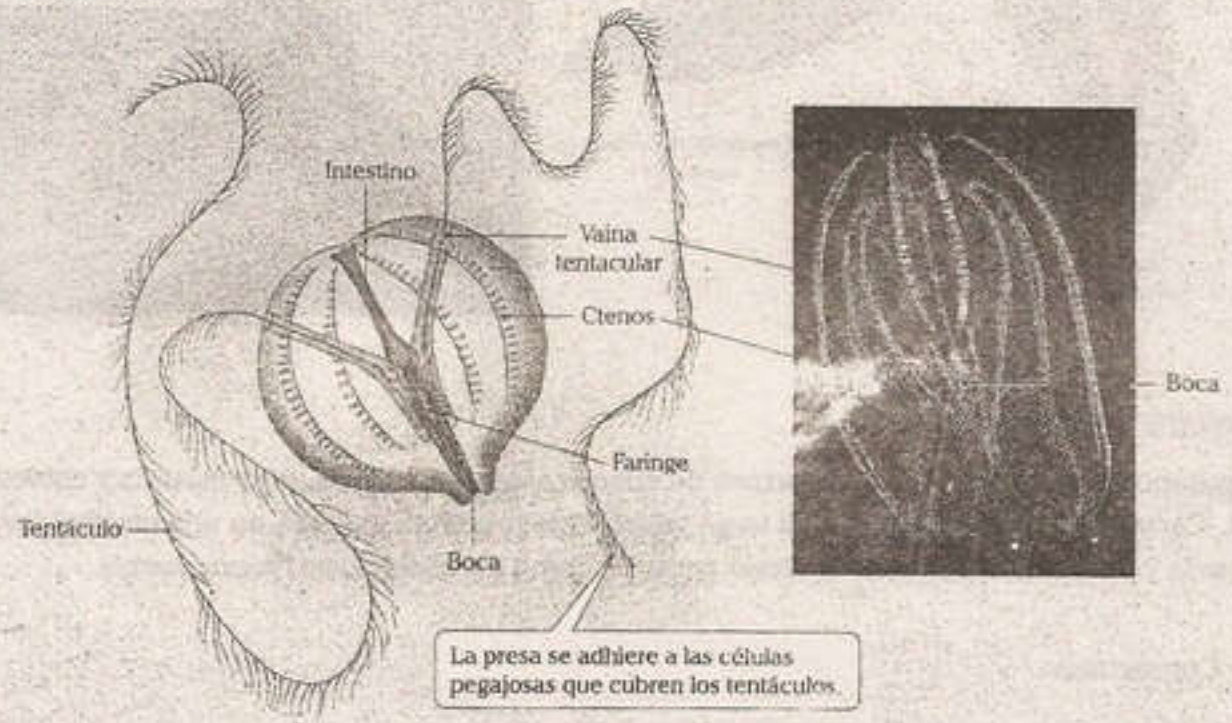


3.3. FILUM CTENÓFOROS

Son animales marinos de simetría birradial, bioluminiscentes, muy parecidos a los cnidarios, sus cuerpos globosos casi esféricos presentan ocho filas externas de láminas en forma de peines (pectinadas y ciliadas) que les permiten desplazarse. Asimismo tienen dos tentáculos, pero sin nematocistos.

- **Clase tentaculata.** *Cestum*
- **Clase nuda.** *Beroe*

BELLOTA DE MAR



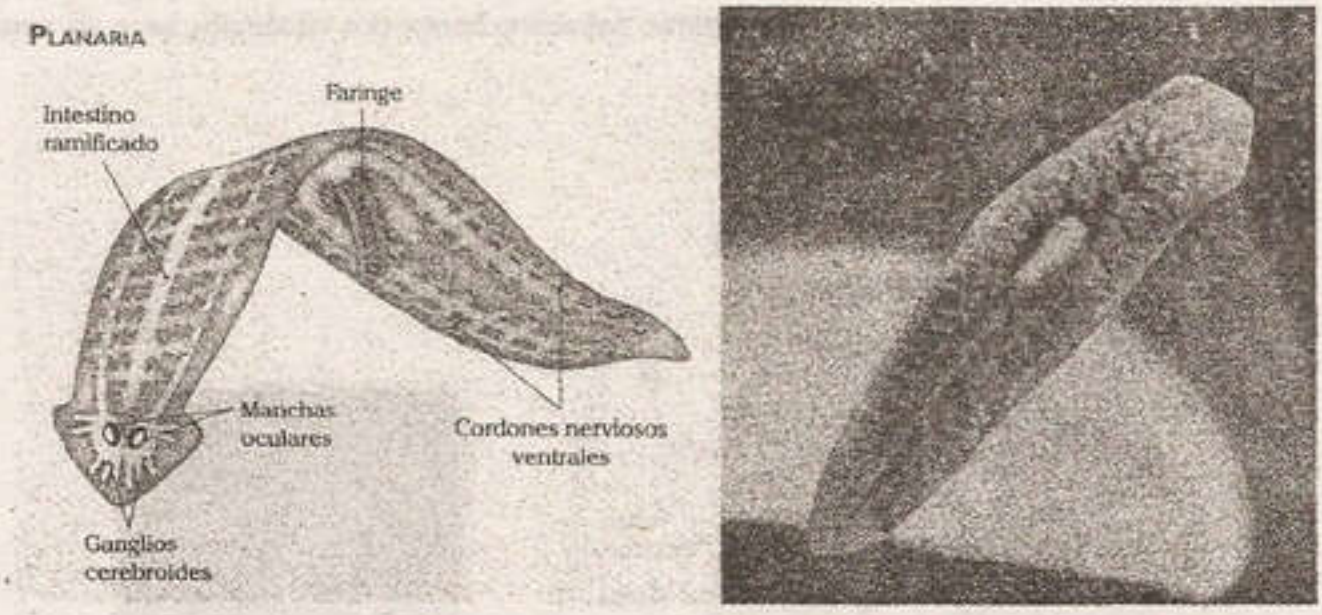
3.4. FILUM PLATELMINTOS

Son gusanos de cuerpo aplanado dorsoventralmente y de simetría bilateral. Su cuerpo sólido o con una cavidad corporal (que viene a ser el intestino del animal) se comunica al exterior por medio de una abertura llamada boca.

Su cuerpo presenta tres capas celulares (son triploblásticos): una epidermis externa, luego el parénquima (que contiene los órganos internos) y la gastrodermis que tapiza el intestino. Algunos son parásitos y otros son de vida libre. Se agrupan en:

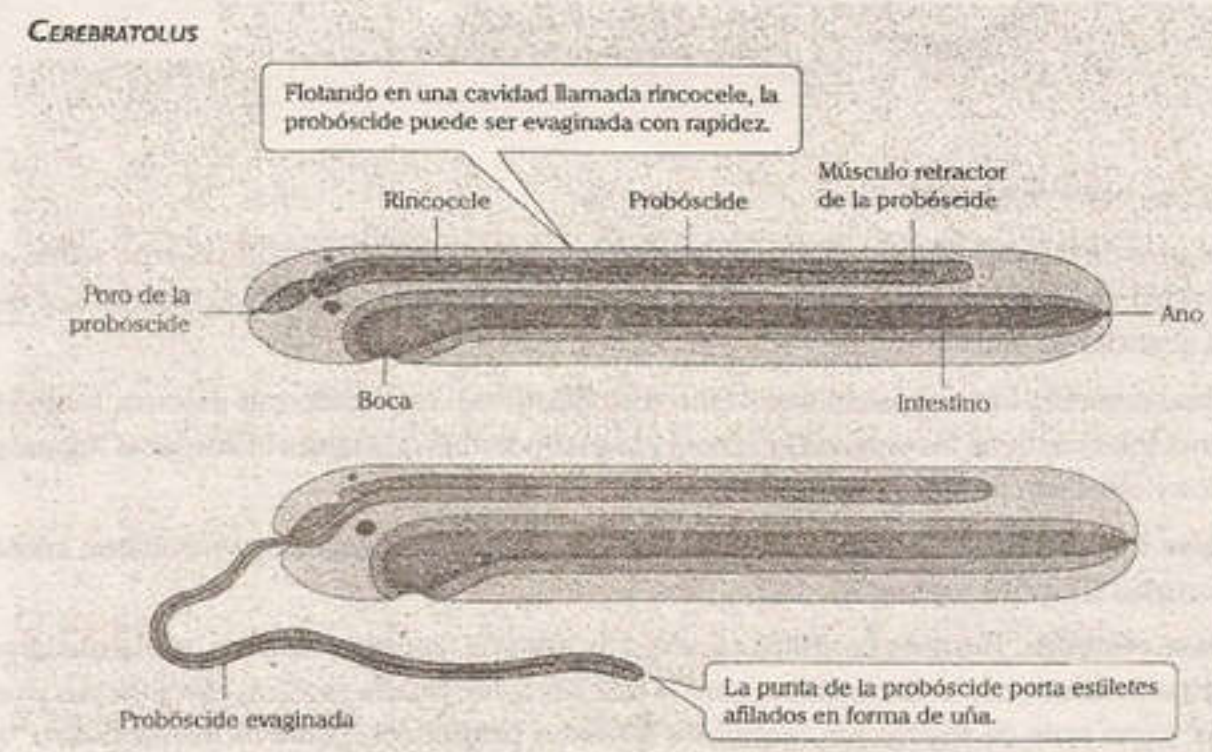
- **Clase turbelaria.** De vida libre, con cabeza que concentra receptores sensoriales, como las planarias (*Dugesia bigemina*).
- **Clase céstodes.** Gusanos parásitos carentes de sistema digestivo. Adultos de cuerpo largo en forma de cinta , con una estructura para la fijación denominada escólex, con ganchos y ventosas, y una serie de segmentos corporales llamados proglótidos, como la *Taenia solium* "tenia del cerdo".

- **Clase trematodos.** Gusanos parásitos caracterizados por tener muchos estadios larvales, como la *Fasciola hepatica* "duela del hígado".



3.5. *FILUM* NEMERTINOS

Son gusanos no segmentados cintiformes de cuerpo alargado, blando, muy elástico y cubierto de cilios. Caracterizados por poseer una larga probóscide protráctil ubicada en una cavidad llamada rincocele y por tener sistema circulatorio cerrado, como *Cerebratolus* y *Paranemertes*.

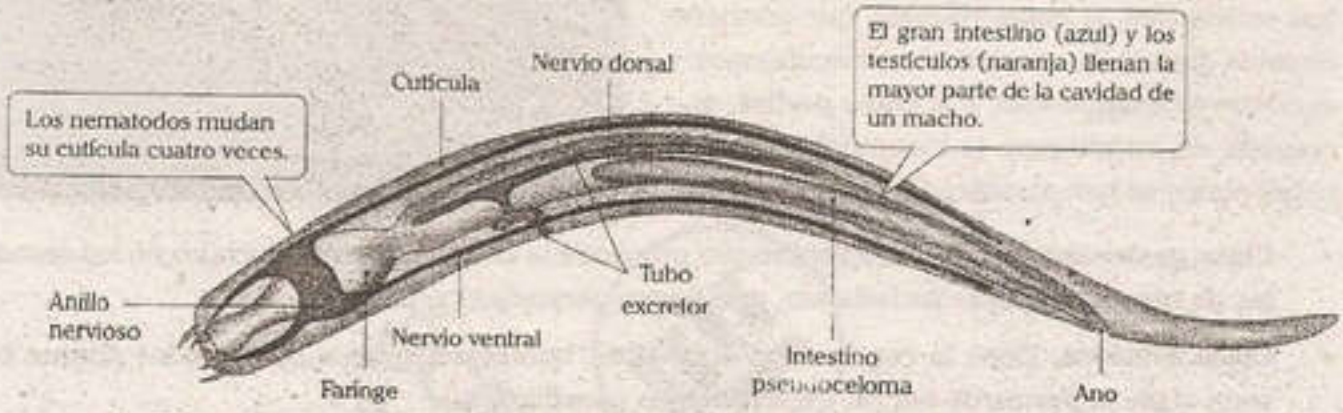


2.6. FILUM NEMATODOS

Son gusanos de cuerpo cilíndrico y simetría bilateral. Su cuerpo filamentoso tiene tres capas celulares: la **epidermis** externa con una cutícula gruesa y resistente, debajo de la cual se encuentra una **capa muscular** (generalmente de músculos longitudinales), luego de la cual se ubica una cavidad no tapizada llamada **pseudoceloma** (que aloja a los órganos reproductores) y, finalmente, una tercera capa de **epitelio** que tapiza el tubo digestivo completo.

Muchos parasitan a los humanos, como el *Enterobius vermicularis* "oxiuros", el *Ascaris lumbricoides* "lombriz intestinal", y la *Trichinella spiralis* "triquina".

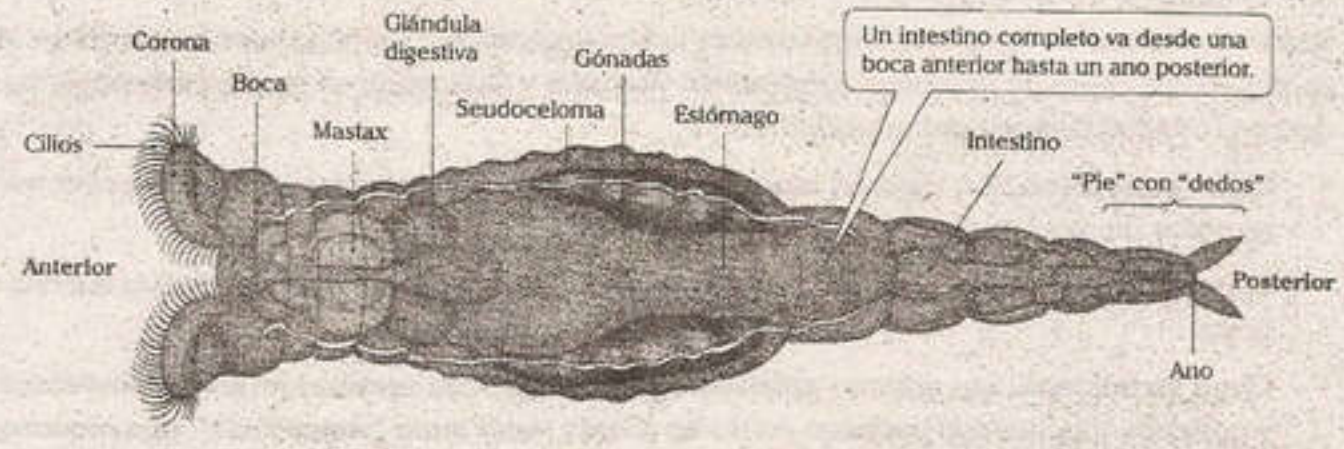
TRIQUINA



2.7. FILUM ROTÍFEROS

Son animales de cuerpo formado por un tronco y una cola cónica. En el extremo anterior tienen una corona bordeada de cilios que sirven para la locomoción y la captura de los alimentos, y que se caracterizan por su movimiento rotatorio que le da la apariencia de una rueda, como la *Hydatina*.

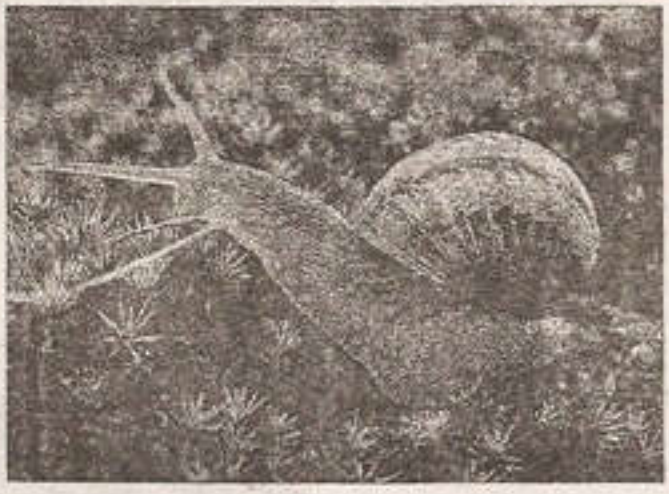
HYDATINA



Son animales acuáticos de superficie ventral plana con dos hileras longitudinales de cilios para la locomoción, con la boca anterior rodeada de cerdas, como el *Chaetonotus*.

3.9. FILUM MOLUSCA

Son animales de simetría bilateral y cuerpo blando cubierto externamente por una concha calcárea ($CaCO_3$) segregada por la epidermis (manto).



Su cuerpo presenta tres grandes regiones: la **masa cefálica**, que generalmente lleva los órganos sensoriales, la **masa visceral**, que contiene órganos digestivos, respiratorios, circulatorios y excretores desarrollados, y la **masa pedial**, que consiste en un pie para la locomoción (en los cefalópodos se han modificado en tentáculos).

- **Clase gasterópodos.** Se caracterizan por presentar la concha en espiral, como en los caracoles de huertas, excepto las babosas, que tienen pequeñas conchas internas.
- **Clase bivalvos.** Tiene la concha con dos valvas, también llamados pelecípodos porque poseen el pie en forma de hacha, como almejas y mejillones.
- **Clase cefalópodos.** Son de masa cefálica desarrollada, la masa pedial transformada en tentáculos con ventosas, con concha interna, como en el calamar y la sepia, y sin concha, como en el pulpo.
- **Clase poliplacóforos.** Son aplanados con varias placas en la concha, como los quitones.
- **Clase escafópodos.** De cuerpo cilíndrico afilado, como los colmillos de mar.

Lumbreras Editores

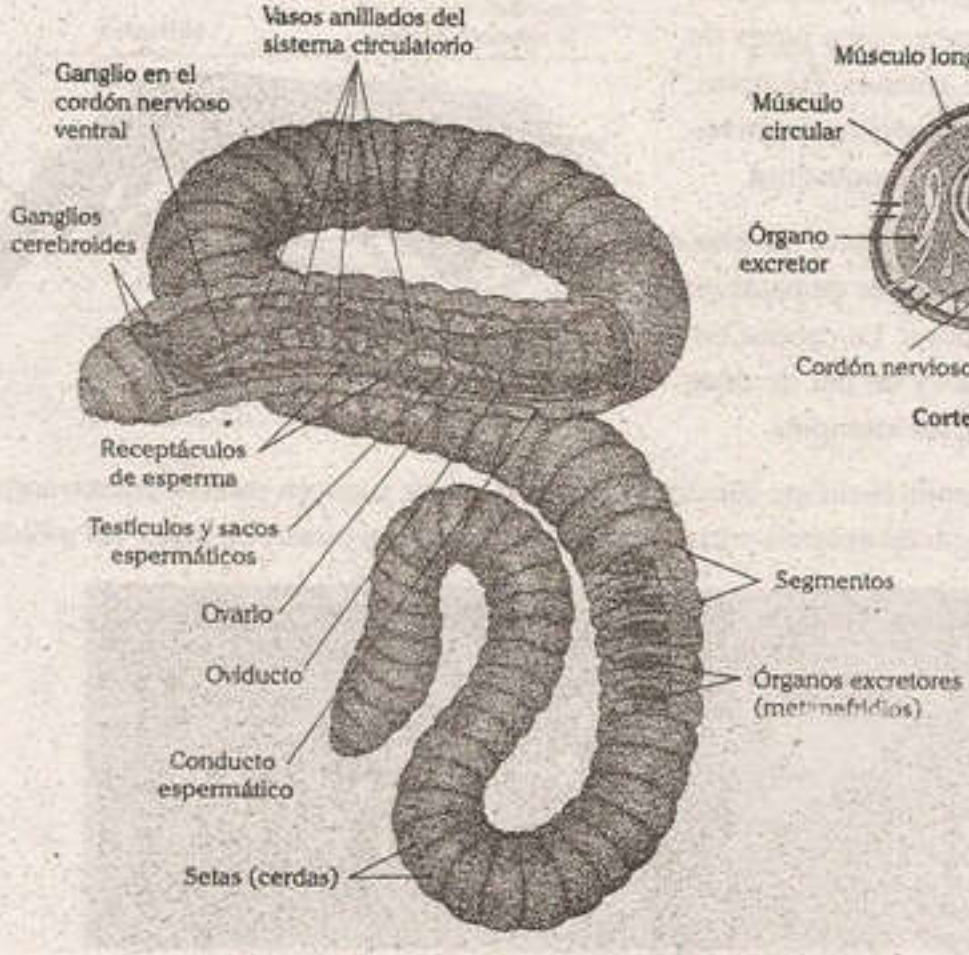
3.10. FILUM ANÉLIDOS

Son gusanos de simetría bilateral y de cuerpo cilíndrico **anillado** (segmentado). Cada segmento corporal está generalmente provisto de **quetas**.

Su pared corporal es compleja, externamente tienen una cutícula secretada por la epidermis, luego vienen dos capas de músculos: longitudinal y circular y finalmente un epitelio interno tapiza el celoma (cavidad derivada del mesodermo).

- **Clase poliquetos.** Son gusanos marinos con parapodios (proyecciones corporales laterales) provistas de muchas quetas, como el *Nereis*.
- **Clase oligoquetos.** Son gusanos sin parapodios provistos de pocas quetas, como la lombriz de tierra.
- **Clase hirudíneos.** Son gusanos aplanados y sin quetas, con ventosas en su extremo anterior y posterior, muchos son parásitos como las *Hirudo medicinalis* "sanguijuela", que produce el anticoagulante llamado hirudina.

Lombriz de tierra



Corte transversal

3.11. FILUM ARTRÓPODOS

Son animales de simetría bilateral, el cuerpo segmentado con patas, otros apéndices articulados y exoesqueleto quitinoso. Se pueden considerar tres grupos: los onicóforos (peripatos), los mandibulados (insectos, crustáceos, quilópodos y diplópodos) y los quelicerados (arácnidos).

3.11.1. Subfilum onicóforos

Muchos zoólogos los han considerado el eslabón perdido en la evolución de los artrópodos. Se trata de animales semejantes a anélidos y artrópodos típicos. Tienen el celoma reducido, cutícula quitinosa y delgada, con patas no claramente articuladas, con sistema circulatorio abierto y órganos excretores de tipo metanefridios. Ejemplo: los peripatos.

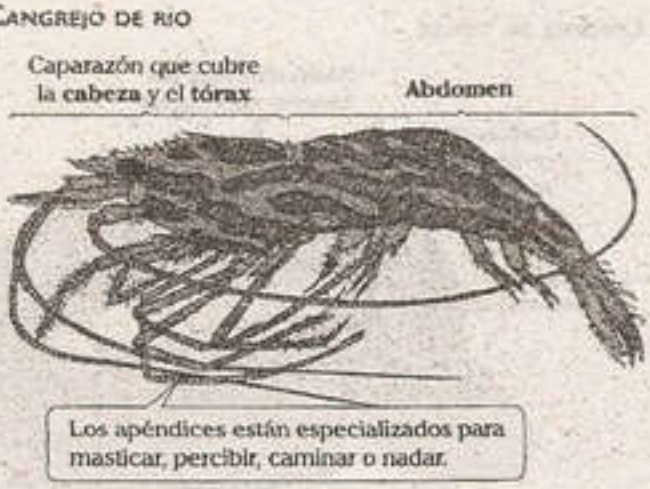
Peripatos

3.11.2. Subfilum mandibulados

Se caracterizan por tener dos o más pares de piezas bucales.

- **Clase Insecta.** Tienen el cuerpo dividido en tres segmentos: cabeza, tórax y abdomen. Con tres pares de patas, un par de antenas y en los adultos generalmente dos pares de alas. Ejemplos: saltamontes, abejas, cucarachas, hormigas.

- **Clase crustácea.** Tienen el cuerpo dividido en dos segmentos corporales: cefalotórax y abdomen, cinco pares de patas y dos pares de antenas. Ejemplos: cangrejos, camarones, cochinitos de humedad, pulgas de agua, langostinos.
- **Clase chilópoda.** Tienen el cuerpo alargado y aplanado con un par de patas en cada segmento corporal. La cabeza tiene un par de antenas y un par de uñas venenosas. Ejemplo: los ciempiés.



CANGREJO DE RIO

- **Clase diplópoda.** Tienen el cuerpo cilíndrico con dos pares de patas en cada segmento corporal. La cabeza tiene un par de antenas cortas y un par de uñas venenosas. Ejemplo: los milpiés.

Miriápodos

Tienen un par de piezas bucales llamadas quelíceros.

Presentan cuerpos con dos segmentos (cefalotórax y abdomen) cuatro pares de patas, no tienen antenas ni alas. Comprenden arañas, escorpiones, ácaros, garrapatas, etcétera.

Son animales marinos de simetría pentarradial en la fase adulta, sin cabeza y con endoesqueleto rígido (calcáreo), con sistema vascular acuífero y pies externos (ambulacrales).

- **Clase crinoideos.** Tienen el cuerpo en forma de flor, como los lirios de mar.
- **Clase asteroideos.** Tienen el cuerpo deprimido en forma de estrella, como las estrellas de mar.
- **Clase ofiuroideos:** Tienen el cuerpo con un disco central muy definido y cinco brazos alargados serpentinos, como las estrellas quebradizas.
- **Clase equinodeos.** Tienen el cuerpo globoso con espinas, con linterna de Aristóteles, como los erizos de mar.
- **Clase holoturoideos.** Tienen el cuerpo con forma de salchicha, como los pepinos de mar (holoturias).

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

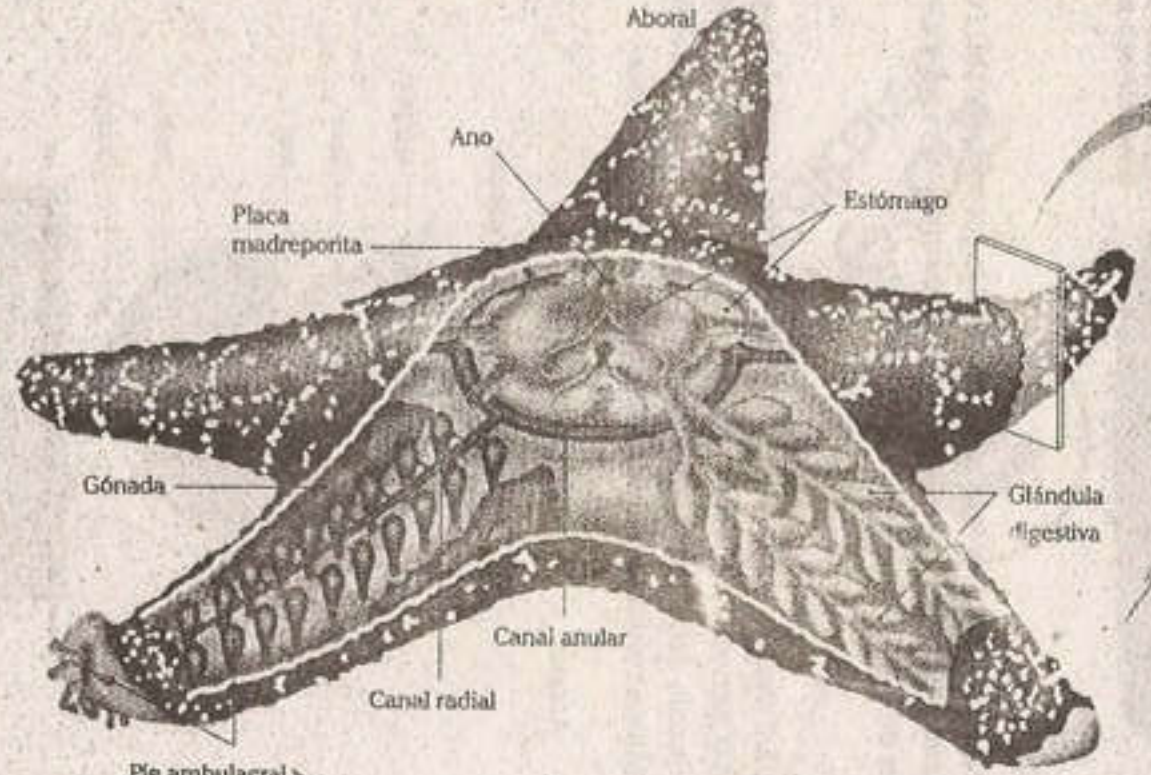
Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

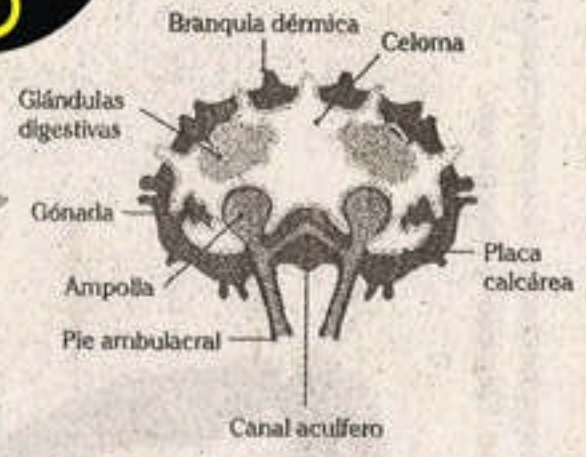
Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

ESTRELLA DE MAR ADULTA (SIMETRÍA PENTARRADIAL)



Cada brazo tiene una dotación completa de órganos. Este brazo fue dibujado sin las glándulas digestivas para mostrar los órganos que yacen debajo.

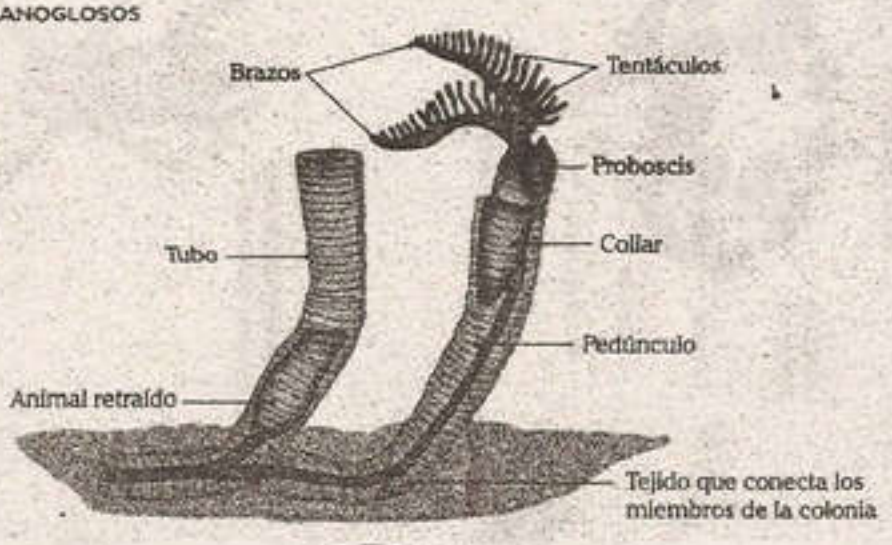


Larva de estrella de mar (simetría bilateral)

La larva de estrella de mar se mueve en el agua agitando los cilios.

Son animales marinos de simetría bilateral, pero no segmentados. Cuerpo formado por tres partes, algunos alargados vermiformes o con forma de vaso. Ejemplo: balanoglosos.

Balanoglosos

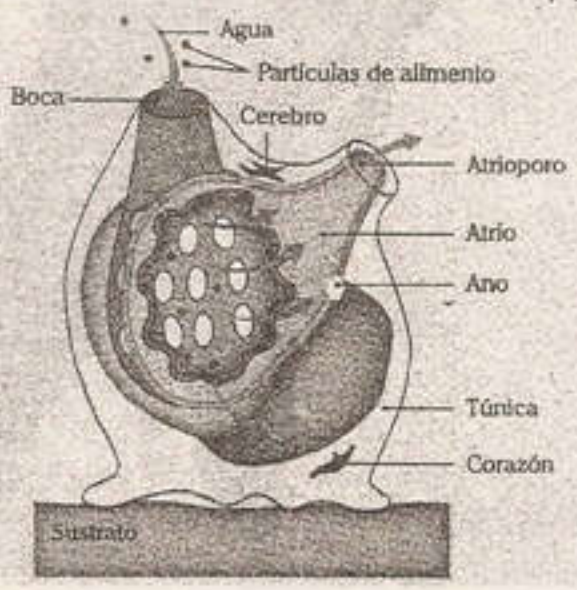


Lumbreras Editores

Son animales que se caracterizan por tener una notocorda (cordón dorsal), cordón nervioso dorsal tubular y las hendiduras branquiales en la faringe. El notocordio es el principal órgano de sostén del cuerpo, está presente en alguna fase de vida del cordado.

Son animales de hábitat marino, que en estado larvario tienen forma de renacuajos y presentan el notocordio y el cordón nervioso en la cola, por ello algunos los llaman **urocordados.** En estadio adulto se reabsorbe la cola debido a su metamorfosis y adquieren generalmente un cuerpo globoso cubierto por una túnica celulósica. Ejemplo: ascidias o vejigas de mar.

Ascidia

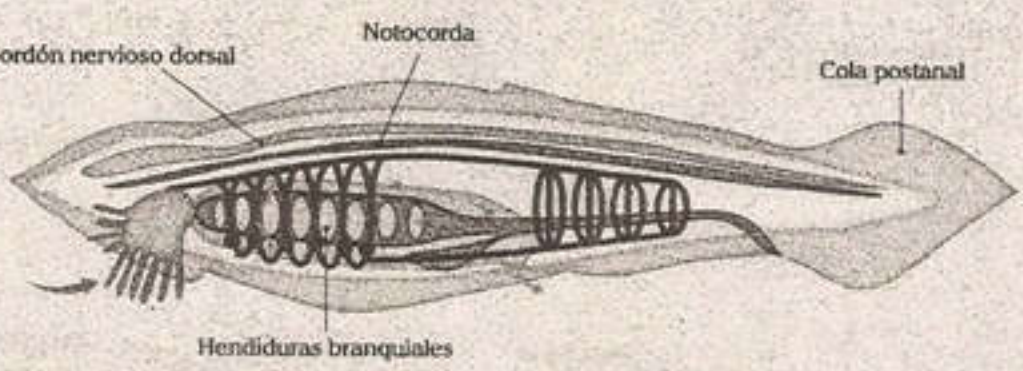


3.14.2. Subfilum cefalocordados

Animales pisciformes de cuerpo pequeño, alargado y segmentado. El notocordio y el cordón nervioso dorsal se extienden a lo largo de todo el cuerpo y se conservan durante toda su vida. Ejemplo: anfioxos.

twitter.com/calapenshko

Anfioxo



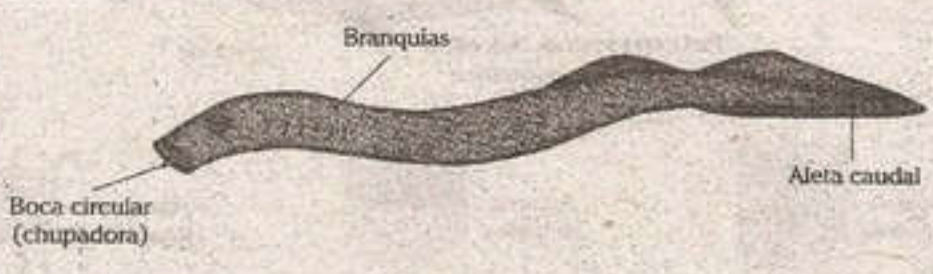
3.14.3. Subfilum vertebrados

Todos poseen cerebro anterior dentro de una caja craneana (craneados) y columna vertebral que reemplaza al notocordio, y constituye el eje de soporte del cuerpo. Presentan sistema circulatorio cerrado y glóbulos rojos. Este subfilo comprende a los ciclóstomos, osteictios, condrictios, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Lumbreras Editores

- **Clase ciclóstomos.** Son animales de forma hidrodinámica que viven tanto en agua dulce como salada. No tienen escamas, tampoco mandíbulas verdaderas, su boca chupadora es circular y está rodeada de papilas carnosas, sus aletas son impares, de 5 a 16 pares de branquias que se abren a ambos lados del cuerpo. Su corazón es bicavitario. Las especies parásitas se adhieren a los peces por succión empleando sus dientes bucales, excavan un hoyo e inyectan un anticoagulante para alimentarse de su sangre. Ejemplo: lampreas y mixinoideos.

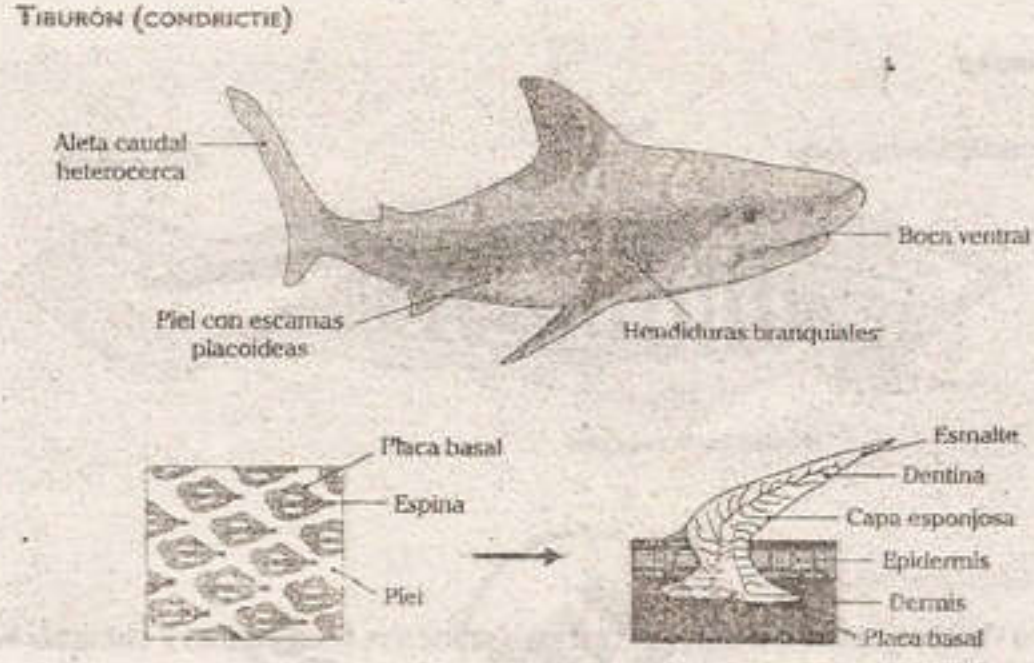
Lamprea



Superclase pisces. Animales hidrodinámicos con el cuerpo cubierto por escamas dérmicas, respiración branquial y desplazamiento por medio de aletas sostenidas por radios.

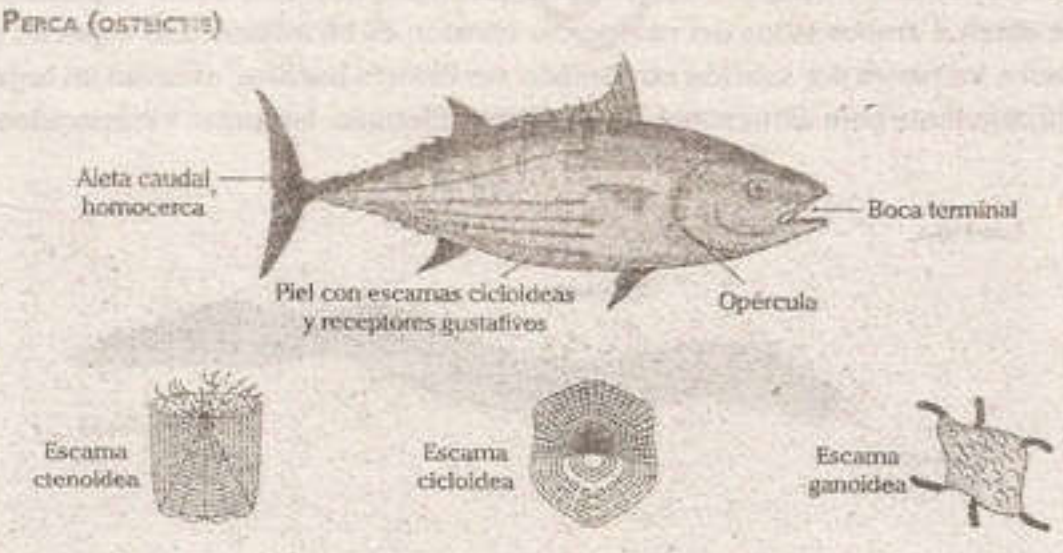
- **Clase condrictios.** Son peces que se caracterizan por presentar esqueleto cartilaginoso y notocordio persistente, escamas placoideas, aleta caudal heterocerca, de 5 a 7 pares de branquias, boca ventral, carecen de vejiga natatoria y nadan continuamente cerca a la superficie.

  Ejemplos: tiburones, rayas, mantarrayas, pez sierra, pez martillo, pez torpedo, tollo y quimeras.



- **Clase osteictios.** Son peces de esqueleto óseo, escamas generalmente cicloideas, aleta caudal homocerca, de 4 pares de branquias cubiertas por opérculos, boca terminal, con vejiga natatoria que les permite nadar tanto en la superficie como en las profundidades.

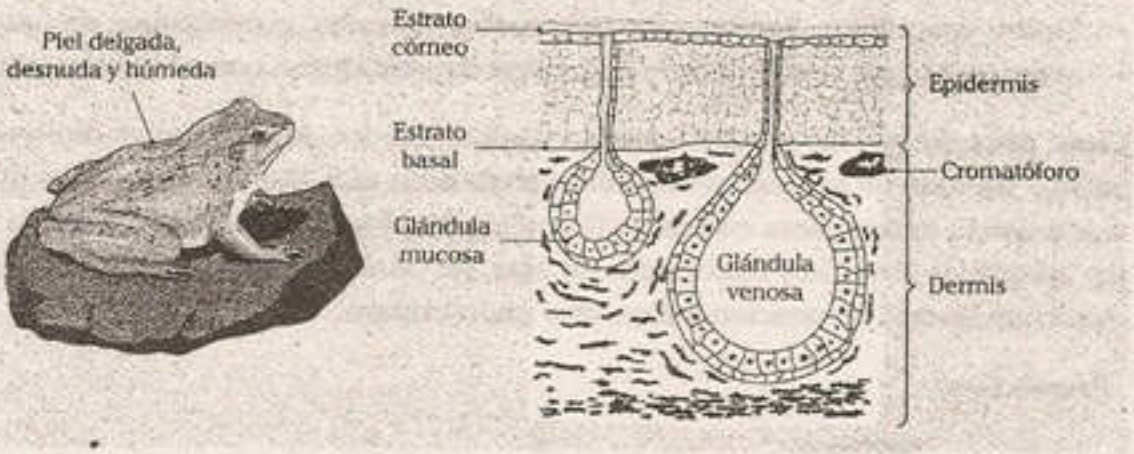
  Ejemplos: trucha, salmón, perca, bonito, pejerrey, jurel, lisa, piraña, pintadilla, paiche, etcétera.



Superclase tetrápodos. Son vertebrados de cuatro patas, las cavidades nasales conectan con la cavidad bucal y generalmente desarrollan pulmones para su respiración. Tienen circulación doble.

- **Clase anfibia.** Vertebrados con metamorfosis, de vida juvenil acuática (larva), que poseen respiración branquial. El adulto se adapta al ambiente terrestre, con respiración cutánea o pulmonar. Presentan la piel delgada, glandular, húmeda, blanda, carente de escamas. Se clasifican en tres órdenes:

SAPO (ANFIBIO)



- Orden urodelos. Anfibios con cola, como las salamandras y los tritones.
- Orden ápodos. Anfibios sin patas, de cuerpo vermiforme, como las cecilias.
- Orden anuros. Anfibios que pierden la cola cuando son adultos. Presentan las patas adaptadas para el salto, como los sapos y ranas.

- **Clase reptilia.** Son animales terrestres de piel seca con escamas córneas epidérmicas o escudos que evitan la deshidratación. No necesitan regresar al agua para reproducirse, pues ponen huevos con cubierta calcárea resistente a la desecación igual que las aves. Sus patas son cortas, reducidas o ausentes, por lo cual se desplazan arrastrando el vientre. Respiran por pulmones.

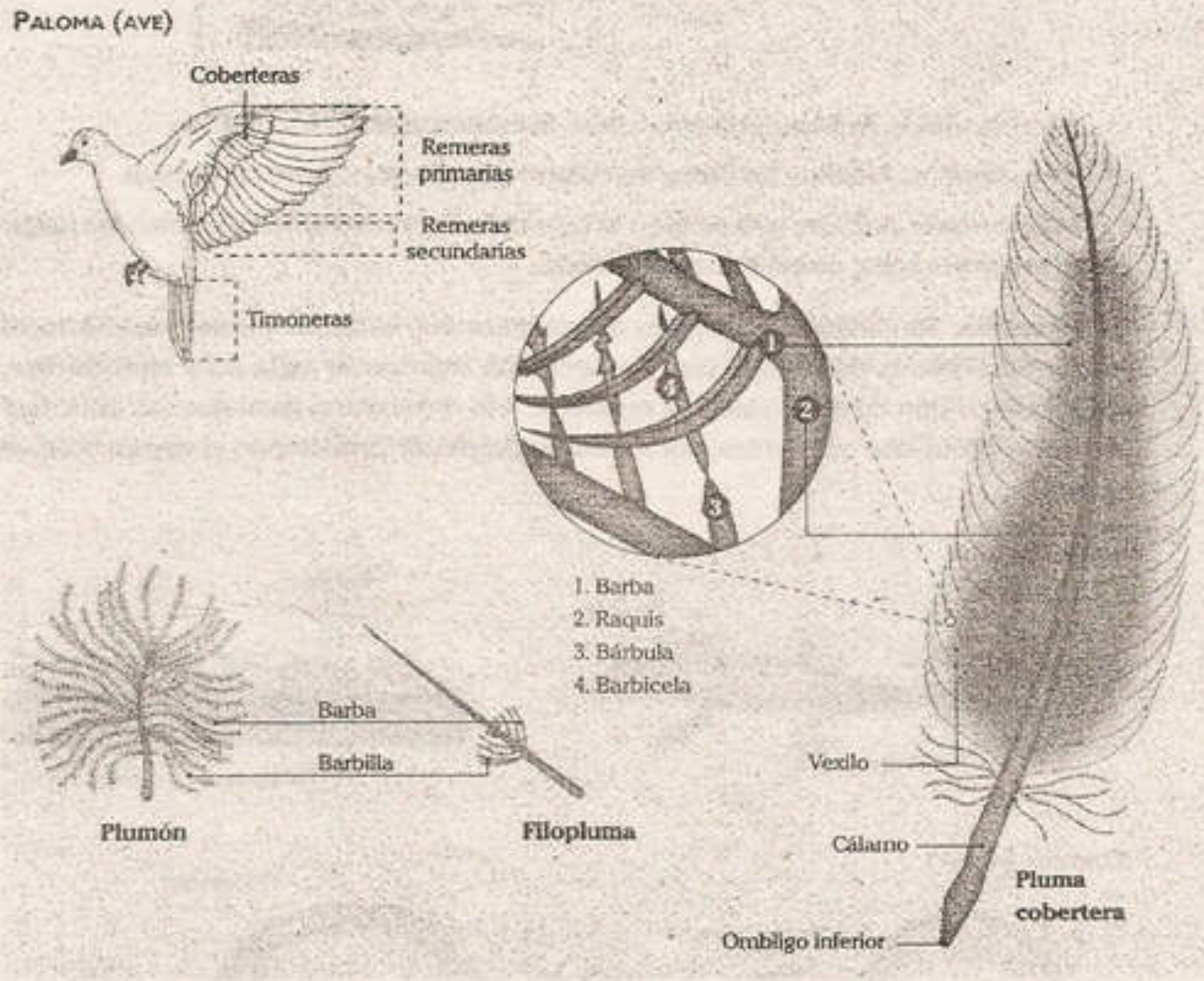
IGUANA (REPTIL)

TORTUGA (REPTIL)

Existen muchas formas de clasificarlos. En este texto vamos a considerar los órdenes siguientes:

- Orden quelonios o testudines. Con caparazón, como las tortugas.
- Orden saurios. De piel escamosa y con cuatro patas cortas, como lagartos, iguanas, camaleones.
- Orden ofidios. De piel escamosa y cuerpo alargado, como las culebras y serpientes.
- Orden crocodilios. Son los mayores reptiles vivientes, cuadrúpedos de patas cortas, que viven en el agua y en la tierra, y de hábitos depredadores, como los caimanes y cocodrilos.

- **Clase aves.** Según las pruebas paleontológicas son los descendientes directos de los dinosaurios. Se trata de los únicos animales vertebrados con plumas, estructuras que les permite mantener su temperatura constante (homeotermos) y volar. Sus extremidades anteriores están adaptadas al vuelo y convertidas en alas, las posteriores en patas. Todas con corazón de cuatro cavidades, respiración pulmonar y parto ovíparo.



Según la biología evolutiva, las plumas tienen como función primaria la conservación de la temperatura corporal (adaptación), lo que ha permitido a estos organismos poblar ambientes fríos, de manera secundaria sirven para el vuelo (exaptación).

Se clasifican en dos grupos: las rátidas y las carenadas.

1. **Las rátidas.** Son las aves corredoras que, debido a que carecen de quilla, no pueden volar. Ejemplo: el ñandú.
2. **Las carenadas.** Son las aves que, debido a que poseen quilla (llamada también carena), generalmente pueden volar, como las águilas, las cigüeñas, el gallito de las rocas, etc. Algunas adaptaciones para el vuelo son los huesos livianos y los sacos aéreos que se encuentran conectados a los pulmones.

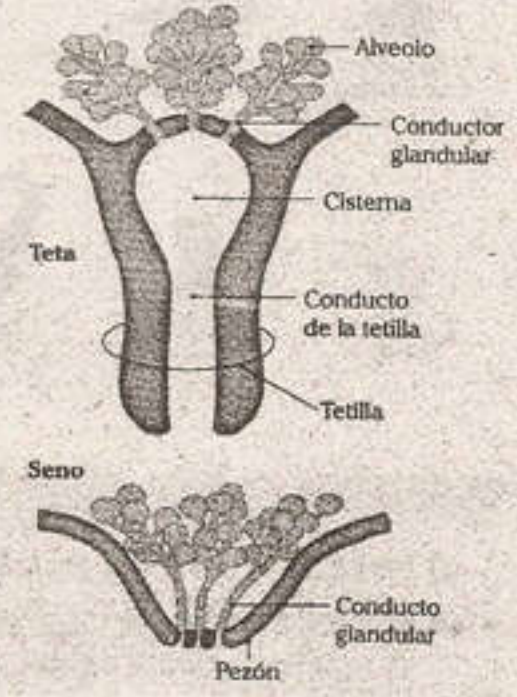
CLASIFICACIÓN DE LAS AVES

- **Clase mamalia.** Son animales con un cuerpo que generalmente está cubierto por pelos, poseen glándulas mamarias, tienen dientes especializados a los tipos de dieta alimenticia (incisivos, caninos, premolares y molares), respiración pulmonar y corazón de cuatro cavidades. Al igual que las aves mantienen su cuerpo a una temperatura constante, por ello son llamados animales homeotermos o de sangre caliente.

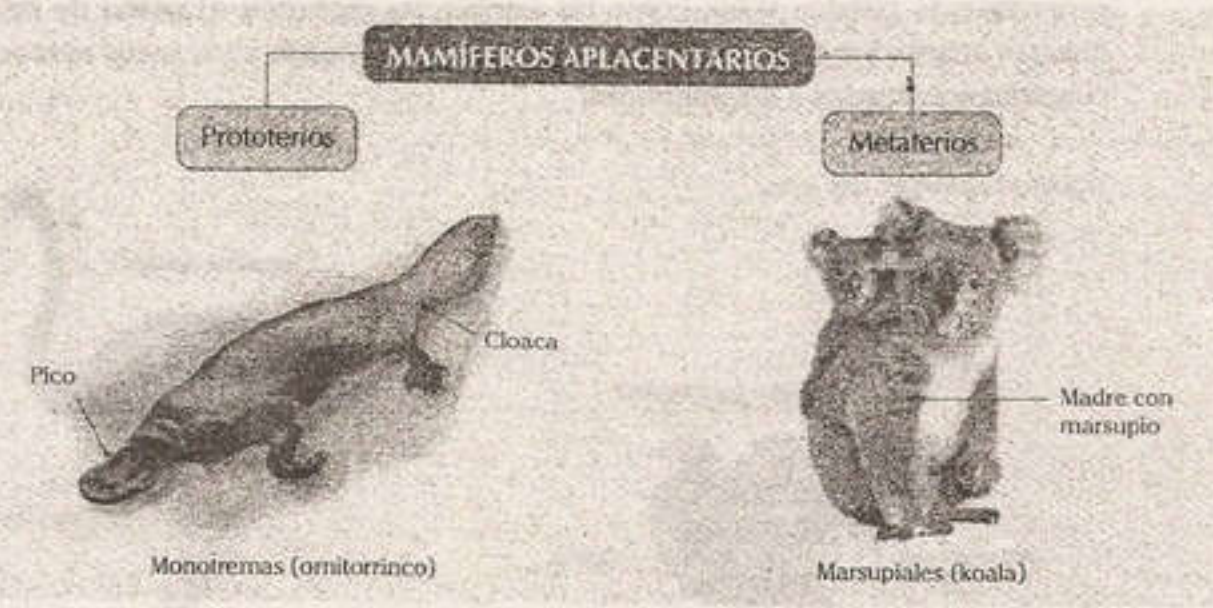
  La fecundación siempre es interna y las crías durante la primera etapa de su vida se alimentan de la leche materna. Se clasifican en:

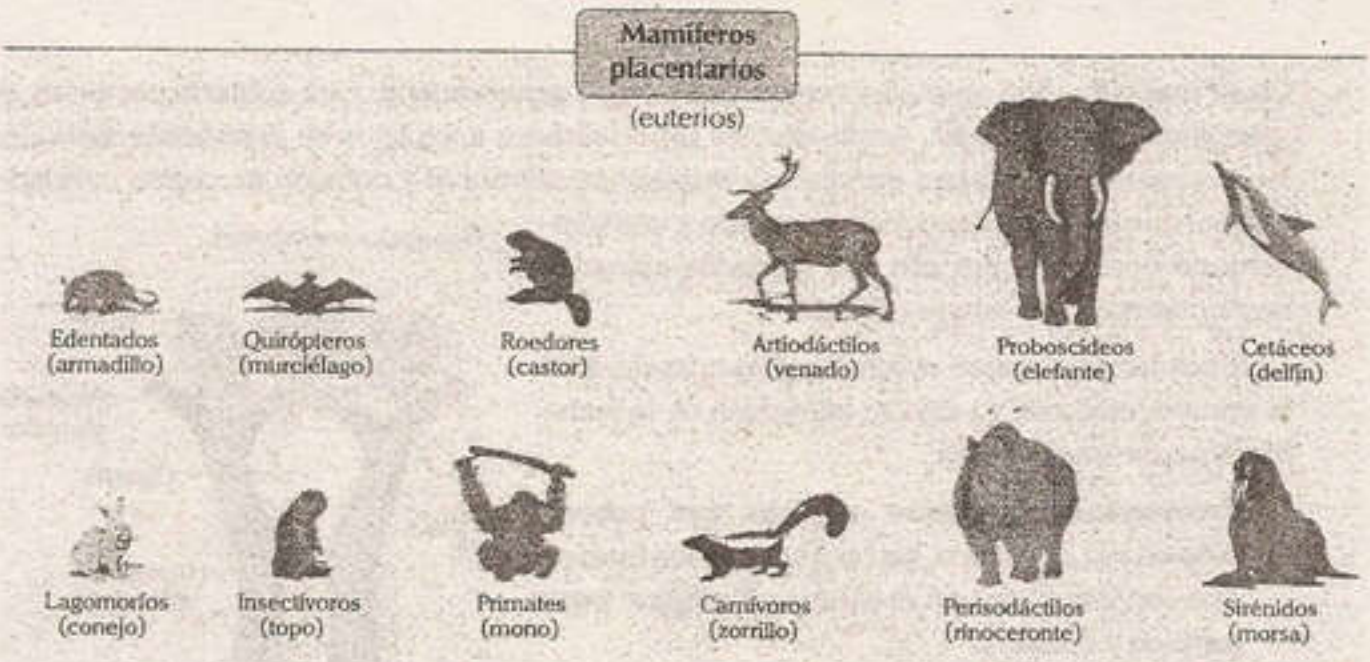
  1. **Prototerios.** Mamíferos ovíparos que poseen pico en vez de hocico, las hembras ponen huevos que son incubados en el exterior. Ejemplos: ornitorrinco y equidna.
  2. **Metaterios.** Mamíferos vivíparos aplacentarios, las hembras de este grupo poseen una bolsa o marsupio donde se completa el desarrollo de las crías, por ello también se les llama marsupiales. Ejemplos: canguros, zarigüeya, koala, topos marsupiales, ratas marsupiales, etc. Cabe indicar que el lobo marsupial es una especie extinta.

GLÁNDULAS MAMARIAS



3. **Euterios.** Son animales vivíparos placentarios. Las hembras desarrollan placenta, lo cual facilita una mejor nutrición y desarrollo del embrión. Ejemplos: roedores, primates, lagomorfos, quirópteros, carnívoros, edentados, sirénidos, cetáceos, plantígrados, proboscídeos, artiodáctilos y perisodáctilos.





Referencias bibliográficas

- FRINGS, H. y M. FRINGS. *Conceptos de zoología*. Madrid: Editorial Alhambra, 1975.
- PURVES, Bill; HELLER, Craig; ORIANS, Gordon; SADAVA, David y David HILLIS. *Vida, la ciencia de la biología*. Octava edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2009.

La clasificación de las ballenas

Los cetáceos constituyen un orden de mamíferos (O. Cetácea) adaptados a la vida acuática, cuerpo hidrodinámico, extremidades anteriores transformadas en aletas, pérdida de las posteriores, desarrollo de una estructura tegumentaria horizontal en el extremo posterior del cuerpo (aleta caudal), migración de los orificios nasales, pérdida de glándulas sebáceas y sudoríparas, desarrollo de sistemas de termorregulación alternativos, elevado hematocrito o sistemas fisiológicos de compensación en las apneas. A esto habría que unir adaptaciones presentes solo en uno de sus subórdenes, *odontoceti* y *mysticeti*. Este es el caso de la homodoncia y la ecolocación en los primeros, y las barbas así como las modificaciones craneales que permiten el filtrado en los segundos.

Los misticetos, constituyen un suborden de cetáceos caracterizados principalmente por la pérdida secundaria de la dentición y su sustitución por un sistema de filtrado, las barbas o ballenas, cuya función es el tamizado del agua para extraer el alimento, generalmente krill (eufasiáceos). Existen dos tipos fundamentales de misticetos, las ballenas y los rorcuales, que se diferencian principalmente por su estructura craneal.

Las ballenas poseen un paladar abovedado que incrementa su capacidad bucal y les permite realizar un tamizado del agua con sus largas barbas mientras nadan con la boca abierta. La mayoría de ballenas posee una gran cabeza, cuyo tamaño supone un tercio de la longitud corporal total, y un paladar extremadamente arqueado. En este grupo encontramos a la ballena de Groenlandia (*Balaena mysticetus*) de 17 m y las ballenas francas de 19 m (género *Eubalaena*).

Los rorcuales, por su parte, se caracterizan por poseer un cráneo alargado y afilado, sin arqueo del paladar, barbas cortas y pliegues ventrales que incrementan la capacidad bucal de estos animales a la hora de alimentarse. Su perfil es, por lo tanto, mucho más hidrodinámico, como el rorcual azul (*Balaenoptera musculus*) con una media de 28 a 30 m de largo y hasta 180 toneladas de peso.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

De acuerdo a los datos disponibles, los animales se originaron a partir de

A) bacterias heterótrofas.
B) protistas heterótrofos.
C) cianofitas mixótrofas.
D) hongos pluricelulares.
E) protistas autótrofos.

Resolución

Los animales están relacionados evolutivamente con los protozoarios protistas heterótrofos, quienes comparten con los animales la membrana citoplasmática con colesterol y glucocálix y el citoplasma con ribosomas 80 S, lisosomas y centrosoma.

Además en el cuerpo animal encontramos células ameboides y ciliadas; los machos forman células sexuales flageladas (los espermatozoides).

Clave: B

Pregunta 2

Señale la era en la que surgieron los animales.

A) cenozoica
B) antropozoica
C) paleozoica
D) mesozoica
E) arqueozoica

Resolución

Se ha establecido que los animales surgieron hace aproximadamente 700 millones de años, en la era paleozoica, a partir de varias líneas de protistas heterótrofos, los protozoarios.

Clave: C

Pregunta 3

Los animales que durante su desarrollo embrionario a partir del blastoporo forman el ano son denominados

A) protostomados.
B) deuterostomados.
C) diploblásticos.
D) triploblásticos.
E) eucelomados.

Resolución

Los animales deuterostomados, durante su desarrollo embrionario, primero forman el ano como un derivado del blastoporo (blasto=joven, poro=abertura). Dentro de este grupo se encuentran los equinodermos y todos los cordados.

Clave: B

Pregunta 4

Los ciempiés pertenecen a la clase

A) insectos.
B) arácnidos.
C) crustáceos.
D) miriápodos.
E) quelicerados.

Resolución

Los ciempiés y los milpiés son animales del filum artrópodos, clase miriápodos. Su origen habría ocurrido hace unos 570 millones de años, a partir de gusanos metamerizados que desarrollaron exoesqueleto y apéndices articulados que más adelante serían las patas articuladas.

Clave: D

Lumbreras Editores

Pregunta 5

Son animales triploblásticos, acelomados, de simetría bilateral y cuerpo plano.

A) oxiuros
B) triquinas
C) duelas hepáticas
D) lombrices de tierra
E) lombrices intestinales

Resolución

Las duelas del hígado o fasciolas hepáticas son gusanos planos del *filum* de los platelmintos, clase trematodos.

La infestación por las duelas del hígado se denomina fasciolosis, en el hombre ocurre cuando consume vegetales como los berros silvestres, que contienen metacercarias, el estadio larval del gusano.

Nivel C

Pregunta 6

Son animales seudocelomados.

A) anélidos
B) moluscos
C) artrópodos
D) nematodos
E) equinodermos

Resolución

Los nematodos son gusanos filamentosos seudocelomados no segmentados, emparentados evolutivamente con los gastrótricos. Muchos son parásitos como *Ancylostoma duodenale* o "gusano de los minerales", que ingresa a través de la piel de los pies, de ahí pasa a la sangre, pulmones, tráquea e intestino, donde se fija y deposita sustancias anticoagulantes en las heridas causando fuertes hemorragias.

Rpta: D

Pregunta 7

La sanguijuela (*Hirudo medicinalis*) es un animal de cuerpo cilíndrico segmentado y sin quetas, pertenece al ..... y a la clase .....

A) *filum* artrópodos - miriápodos.
B) *filum* equinodermos - ofiuroideos.
C) *filum* moluscos - poliplacoforos.
D) *filum* artrópodos - hirudineos.
E) *filum* anélidos - hirudíneos.

Resolución

Las sanguijuelas son gusanos anélidos (*anellus*=anillo) de la clase hirudíneos, han sido usadas desde tiempos del antiguo Egipto en el tratamiento de enfermedades de los vasos sanguíneos, hígado, articulaciones, órganos de la vista y enfermedades sexuales.

Rpta: E

Pregunta 8

¿Qué animales son parazoos?

A) los platelmintos
B) las malaguas
C) los mejillones
D) las esponjas
E) las almejas

Resolución

Las esponjas son animales que carecen del sistema de cuatro tejidos de los demás animales, por ello se las clasifica como parazoarios. Algunas tienen tejidos primitivos como el pinacodermo, que los cubre y está compuesto de los pinacocitos. Sin embargo, las esponjas carecen de neuronas, tejidos musculares y conectivos.

Rpta: D

Lumbreras Editores

Pregunta 9

El huevo amniota, con envoltura protectora, sustancias nutritivas y un saco para los desechos se encuentra a partir de

A) peces.
B) anfibios.
C) reptiles.
D) aves.
E) mamíferos.

Resolución

Los reptiles son los primeros vertebrados que conquistaron los ambientes terrestres desérticos, debido al desarrollo de un nuevo tipo de huevo: el amniota, que tiene una serie de membranas que permiten su desarrollo fuera del agua. Además de brindar una excelente protección, realiza intercambio gaseoso, asimismo contiene suficientes nutrientes para garantizar el total desarrollo del nuevo ser, de manera que los individuos jóvenes, cuando salen del huevo, son muy semejantes a los adultos, carecen de metamorfosis.

Clave C

Pregunta 10

Las aves se originaron en la era mesozoica, periodo cretácico, a partir de los

A) peces.
B) anfibios.
C) ictiosauros.
D) dinosaurios.
E) mamíferos.

Resolución

Los paleontólogos han hallado los fósiles que demuestran que los dinosaurios son los ancestros directos de las aves.

Clave D

Pregunta 11

Los delfines y las ballenas se caracterizan por presentar aletas y forma hidrodinámica como los peces, sin embargo, son clasificados dentro de la clase

A) condricties.
B) mamíferos.
C) osteíctios.
D) hemicordados.
E) teleósteos.

Resolución

La similitud entre los cetáceos y los peces es un ejemplo maravilloso de convergencia evolutiva. Los delfines y las ballenas son mamíferos cetáceos. Estos mamíferos acuáticos se habrían originado a partir de ancestros terrestres herbívoros que gradualmente habrían perdido las patas posteriores, mientras que las patas anteriores se habrían transformado en aletas.

Clave B

Pregunta 12

La historia evolutiva del caballo se denomina

A) especiación.
B) evolución.
C) filogenia.
D) ontogenia.
E) microevolución.

Resolución

La historia evolutiva de una especie recibe el nombre de filogenia (*filum* = tribu; génesis = origen). Dentro de las especies que se han podido estudiar mejor, debido al registro fósil, tenemos al caballo y al elefante.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 13

Entre los seudocelomados representativos, tenemos a

A) las tenias.
B) la lombriz terrestre.
C) las triquinas y los oxiuros.
D) las planarias.
E) las medusas.

Resolución

Las *Trichenella spiralis* "triquinas" y los *Enterobius vermicularis* "oxiuros" son gusanos parásitos del grupo de los nematodos, se caracterizan por ser pseudocelomados, es decir, presentan el pseudoceloma, cavidad corporal derivada del blastocele, que no está tapizada por peritoneo y funciona como un esqueleto hidrostático.

Pregunta 14

La simetría radial es característico de los

A) artrópodos.
B) cordados.
C) celentéreos y equinodermos adultos.
D) platelmintos.
E) nematodos.

Resolución

La simetría radial es muy primitiva y característica de animales acuáticos como los celentéreos y los equinodermos. En la simetría radial el animal carece de cabeza y presenta el cuerpo globoso. En el caso de los equinodermos es una simetría radial secundaria porque cuando son larvas tienen simetría bilateral.

Pregunta 15

A los animales que poseen la boca en el extremo anterior, con cilios, que producen un movimiento para nadar o atraer el alimento, se les conoce como

A) nemertinos.
B) ciclóstomos.
C) rotíferos.
D) ctenóforos.
E) equinoideos.

Resolución

A los animales que poseen la boca rodeada de cilios, que al moverse tienen gran similitud a una rueda y producen un movimiento para nadar o atraer el alimento se les conoce como rotíferos.

Pregunta 16

Los gusanos conocidos como milpiés y ciempiés se encuentran en el *filum*

A) anélidos.
B) moluscos.
C) artrópodos.
D) platelmintos.
E) nematelmintos.

Resolución

Los ciempiés y los milpiés son animales del grupo de los artrópodos porque poseen el exoesqueleto quitinoso y las patas articuladas. Los ciempiés son carnívoros mientras que los milpiés son herbívoros.

Lumbreras Editores

Pregunta 17

Las canastas de mar, a pesar de presentar un sistema digestivo diferente a los otros géneros de su mismo *filum*, se clasifican como

A) marsupiales.
B) anélidos.
C) equinodermos.
D) artrópodos.
E) moluscos.

Resolución

Las canastas de mar se caracterizan por presentar un sistema digestivo incompleto, característica que deben haber desarrollado secundariamente y las distingue de los otros equinodermos que poseen el sistema digestivo completo.

Clave: C

Pregunta 18

Los animales con una cubierta calcárea y cuerpo blando, tales como las almejas y chitones, se clasifican como

A) moluscos.
B) nematelmintos.
C) celentéreos.
D) poríferos.
E) artrópodos.

Resolución

Los animales llamados moluscos se caracterizan por presentar el cuerpo blando que está protegido generalmente por una concha calcárea, a diferencia de otros moluscos estos carecen de rádula y se los agrupa como pelecípodos.

Clave: A

Pregunta 19

Los cordados que poseen una túnica externa compuesta de celulosa se denominan

A) cefalocordados.
B) urocordados.
C) ciclóstomos.
D) acraniados.
E) hemicordados.

Resolución

Los urocordados o tunicados son animales que cuando son larvarios parecen renacuajos y poseen un notocordio en la cola y cuando llegan a la adultez pierden el notocordio y forman una túnica de celulosa externa.

Clave: B

Pregunta 20

La era en la que surgieron, se desarrollaron y se extinguieron los dinosaurios se denomina

A) paleozoica.
B) mesozoica.
C) cenozoica.
D) arcaica.
E) proterozoica.

Resolución

La edad de los dinosaurios fue la era mesozoica. Surgieron en el triásico, proliferaron en el jurásico y se extinguieron en el cretácico. Según la versión tradicional, su extinción fue un caso de extinción en masa, por lo tanto, fortuita y se debió al impacto de dos grandes meteoritos de aproximadamente 11 km de diámetro.

Clave: B

Lumbreras Editores

Pregunta 21

Las serpientes son animales

A) urocordados.
B) cefalocordados.
C) hemicordados.
D) tetrápodos.
E) mixoideos.

Resolución

Los ofidios son reptiles escamosos de cuerpo cilíndrico alargado, cuando matan por estrangulación se les llama culebras (como las anacondas) y cuando matan por acción de venenos se les llama serpientes. Pese a que carecen de patas se las clasifica como tetrápodos por sus lazos evolutivos, poseen pelvis como órgano rudimentario.

Clave D

Pregunta 22

Los ornitorrincos están clasificados como

A) aves rátidas.
B) reptiles quelonios.
C) mamíferos euterios.
D) mamíferos monotremas.
E) mamíferos marsupiales.

Resolución

De acuerdo a los últimos aportes de la genómica, es decir, del estudio comparado de ADN, los ornitorrincos están correctamente clasificados como mamíferos que ponen huevos, tienen pico en vez de hocico y poseen glándulas venenosas en sus patas.

Clave D

Pregunta 23

Son mamíferos cuyas hembras poseen una bolsa ventral donde completa el desarrollo el feto suctor.

A) cetáceos
B) metaterios
C) monotremas
D) rana marsupial
E) caballitos de mar

Resolución

En los mamíferos llamados marsupiales o metaterios las hembras poseen un pliegue inguinal llamado marsupio, debajo del cual se ubican las glándulas mamarias. Luego del parto, la cría llamada feto suctor se dirige a esta bolsa donde completa su desarrollo y se alimentan de leche.

Clave B

Pregunta 24

Los mamíferos placentarios son clasificados como

A) monotremas.
B) prototerios.
C) marsupiales.
D) metaterios.
E) euterios.

Resolución

Los mamíferos placentarios son clasificados como euterios, que significa verdadero útero. Se trata del grupo de mamíferos dominantes, los que se generaron por radiación adaptativa luego de la extinción masiva de los dinosaurios.

Clave E

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Indique la estructura que no se presenta en las células animales.

A) ribosoma
B) retículo endoplasmático
C) pared celular
D) aparato de Golgi
E) mitocondria

2. Los únicos animales que carecen de tejidos son los

A) platelmintos.
B) nemertinos.
C) nematodos.
D) poríferos.
E) celentéreos.

3. Señale el tipo de nutrición que es propia de los organismos del reino animal que obtienen su alimento en forma de partículas sólidas de otros organismos, digiriendo y absorbiendo nutrientes.

A) holozoica
B) autótrofa
C) parásita
D) saprofita
E) quimiosintética

4. Sustancia orgánica formada por mecanismos de esterificación y constituye la principal fuente energética en los animales.

A) almidón
B) grasas
C) proteínas
D) vitaminas
E) celulosa

5. La metamerización que se presenta en el estadio embrionario de los vertebrados, queda representada en el adulto a nivel de

A) los músculos.
B) las vértebras y las costillas.
C) el hígado.
D) los pulmones.
E) el encéfalo.

6. Son los animales que presentan nematocistos como estructuras urticantes.

A) anélidos
B) cordados
C) cnidarios
D) moluscos
E) equinodermos

7. Los animales de simetría birradial que poseen ocho penes y dos largos tentáculos se clasifican en el *filum*

A) gastrótricos.
B) nematodos.
C) ctenóforos.
D) celentéreos.
E) platelmintos.

8. Señale el artrópodo que presenta cefalotórax, abdomen, cinco pares de patas y respiración branquial.

A) langostino
B) araña
C) escorpión
D) garrapata
E) escarabajo

Lumbreras Editores

9. Son animales de simetría radial primaria.

A) artrópodos y moluscos
B) poríferos y celentéreos
C) platelmintos y equinodermos
D) celentéreos y equinodermos
E) cordados y equinodermos

10. Los artrópodos se caracterizan por

A) tener piezas bucales rudimentarias.
B) tener músculos desorganizados.
C) presentar exoesqueleto quitinoso.
D) tener cuerpo sin citoesqueleto.
E) ser individuos terrestres.

11. Los gusanos seudocilíndricos con sistema circulatorio cerrado son los

A) nemertinos.
B) nematodos.
C) moluscos.
D) celentéreos.
E) equinodermos.

12. Son gusanos triploblásticos acelomados de simetría bilateral y cuerpo plano.

A) oxiuros
B) triquinas
C) tenias
D) lombrices de tierra
E) sanguijuelas

13. Son animales de tres pares de patas, cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen, y tienen un par de antenas.

A) crustáceos
B) moluscos
C) miriápodos
D) insectos
E) arácnidos

14. Son animales con exoesqueleto quitinoso reforzado por sales de calcio.

A) arácnidos
B) quilópodos
C) crustáceos
D) insectos
E) diplópodos

15. Los animales de cuerpo blando, con concha calcárea, la mayoría con rádula, son conocidos como

A) moluscos.
B) anélidos.
C) crustáceos.
D) artrópodos.
E) equinodermos.

16. Son animales de simetría bilateral primaria, simetría radial secundaria y cuerpo con espinas dérmicas.

A) moluscos
B) equinodermos
C) artrópodos
D) crustáceos
E) arácnidos

17. Indique cuál es un mamífero aplacentario.

A) marmota
B) mono
C) murciélago
D) canguro
E) musaraña

18. Son cordados que conservan el notocordio durante toda su vida.

A) anfioxos
B) mamíferos
C) peces óseos
D) anfibios
E) reptiles

Lumbreras Editores

19. Los peces que poseen boca ventral y conservan el esqueleto cartilaginoso durante toda su vida son

A) las mantas.
B) los caballitos de mar.
C) los lobos marinos.
D) los paiches.
E) los suches.

20. Pez con branquias cubiertas por el opérculo y sin válvula espiral en el intestino.

A) tiburón
B) lamprea
C) pejerrey
D) tollo
E) raya

21. Los vertebrados que presentan opérculos y aleta caudal homocerca son

A) las ballenas.
B) los tiburones.
C) las anchovetas.
D) los delfines.
E) las focas.

22. En la actualidad existen siete clases de vertebrados, los más primitivos son

A) reptiles.
B) aves.
C) equinodermos.
D) peces.
E) ciclóstomos.

23. Los vertebrados que presentan escamas dérmicas son

A) peces.
B) anfibios.
C) reptiles.
D) aves.
E) mamíferos.

24. Son mamíferos ovíparos cloacados, sin pezones, sin senos ni ubres, cuyas crías lamen la leche que transpira la madre a nivel ventral.

A) ornitorrincos
B) koalas
C) zarigüeyas
D) perezosos
E) chimpancés

Lumbreras Editores

twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO XVII

DIGESTIÓN Y NUTRICIÓN

Objetivos:

- Conocer la estructura y fisiología del sistema digestivo de los animales.
- Analizar las adaptaciones del sistema digestivo de los principales *filo* animales.

Introduccion

Es indiscutible que para vivir los seres humanos necesitamos comer. Los distintos alimentos que componen nuestras comidas tienen como función darnos la energía y la materia necesarias para que nuestro organismo funcione, y si somos muy jóvenes para crecer.

Para realizar la digestión contamos con un conjunto de órganos que constituyen el sistema digestivo. Somos herederos de órganos altamente especializados en procesar grandes cantidades de alimento en poco tiempo, luego del cual lo asimilamos, y lo que no degradamos lo eliminamos.

La filogenia comenzó con la digestión intracelular, único mecanismo digestivo de los animales poríferos, donde cada célula del animal fagocita su alimento y luego los lisosomas descargan sus enzimas hidrolasas para digerir las moléculas orgánicas del mismo.

Después surgió la digestión extracelular incompleta en los celéntereos, que además conservan la digestión intracelular. Estos animales son los "inventores" del sistema digestivo, ya que por primera vez en el reino animal se cuenta con una cavidad digestiva que en estos seres es llamada celenterón y que se comunica con el exterior por una abertura que cumple las funciones de boca y ano. Tal condición fue heredada por los tenóforos y platelmintos con ciertas modificaciones.

Finalmente se desarrollaron los sistemas digestivos con dos aberturas, una es la boca y la otra el ano. Los "inventores" del canal alimenticio fueron los nematodos, aunque todavía es un tubo relativamente simple. El canal alimenticio logrará su mayor complejidad en los mamíferos rumiantes, que procesan más de cien kilos de alimento en su estómago todos los días.

1▸ Definición

Es un conjunto de órganos encargados de la ingestión, digestión de los alimentos y la absorción de nutrientes; además realiza la egestión de las sustancias no asimiladas.

La función principal del sistema digestivo es la de reducir los alimentos hasta moléculas que puedan ser absorbidas por la pared del tracto digestivo para ingresar en la circulación. Dicho proceso se desarrolla en cinco fases: ingestión, fragmentación, digestión, absorción y egestión.

La digestión en los animales puede ser sistémica o no sistémica de acuerdo a la presencia o no del sistema digestivo.

twitter.com/calapenshko

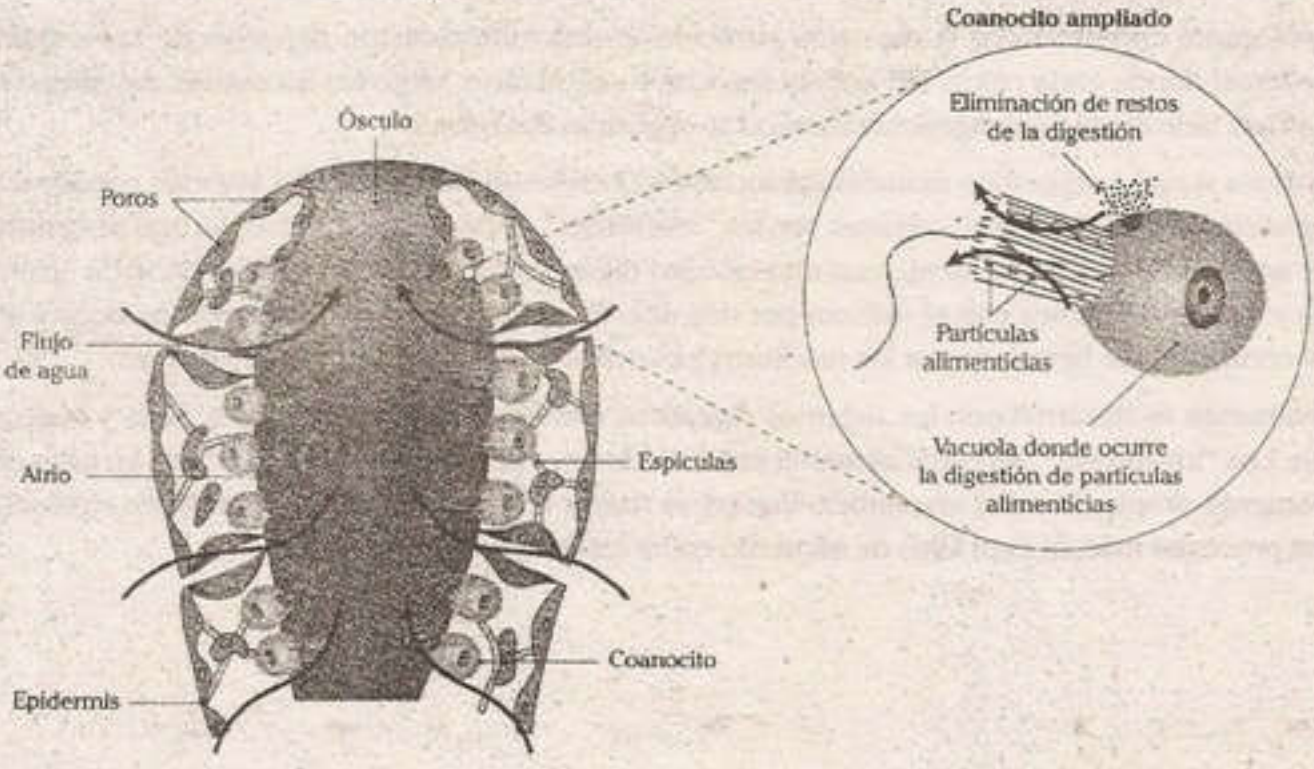
2▸ Digestión no sistémica

Se caracteriza por la ausencia de un sistema digestivo, como es el caso de las poríferos o espongiarios.

2.1. Poríferos

Sus alimentos (fitoplancton) son filtrados por los poros de la pared corporal, luego de pasar al espongiocele estos son fagocitados por los coanocitos (células flageladas) y los amebocitos. Debido al carácter fagocítico de su alimentación se les denomina animales fagótrofos. Después de la fagocitosis realizan la digestión intracelular, que aprovisiona a las células de lo necesario para mantenerse vivas.

Digestión intracelular en esponjas



3. DIGESTIÓN SISTÉMICA

Esta forma se caracteriza por la presencia de un sistema en donde se realiza la función digestiva.

3.1. TIPOS DE SISTEMAS DIGESTIVOS

Existen dos tipos básicos: el sistema digestivo incompleto y el sistema digestivo completo. El sistema digestivo incompleto (celenterónico) se caracteriza por presentar una abertura que realiza las funciones de la boca y el ano. Este sistema lo presentan los celentéreos, los ctenóforos y los platelmintos (turbelarios y tremátodos). El sistema digestivo completo (enterónico) se caracteriza por presentar una abertura ingestiva (la boca) y otra egestiva (el ano). Este sistema lo presentan los nematodos, los anélidos, los artrópodos, los moluscos, los equinodermos y los cordados.

4. SISTEMA DIGESTIVO EN INVERTEBRADOS

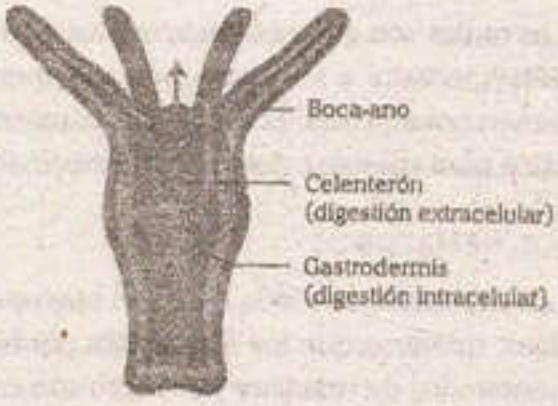
4.1. CELENTÉREOS

La mayoría se alimenta de zooplancton, aunque algunas especies de medusas prefieren pequeños crustáceos y las anémonas consumen partículas finas en suspensión.

El contacto de la presa con los tentáculos provoca la descarga de **hipnotoxina** por los **nematocistos** (filamentos urticantes) que la paralizan. Luego los tentáculos llevan la presa hacia la boca-ano que se abre para recibirla. A través de esta abertura ingresan los alimentos al celenterón.

La digestión extracelular se realiza en el **celenterón** (llamado también cavidad gastrovascular porque realiza los procesos de digestión y circulación) donde células secretoras productoras de enzimas digestivas provocan la hidrólisis extracelular de los alimentos. A continuación células con seudópodos se encargan de fagocitar las partículas resultantes de la digestión extracelular, luego realizan digestión intracelular, completando el proceso. Lo no digerido se evacúa a través de la boca-ano.

SISTEMA DIGESTIVO DE LA HIDRA



4.2. PLATELMINTOS

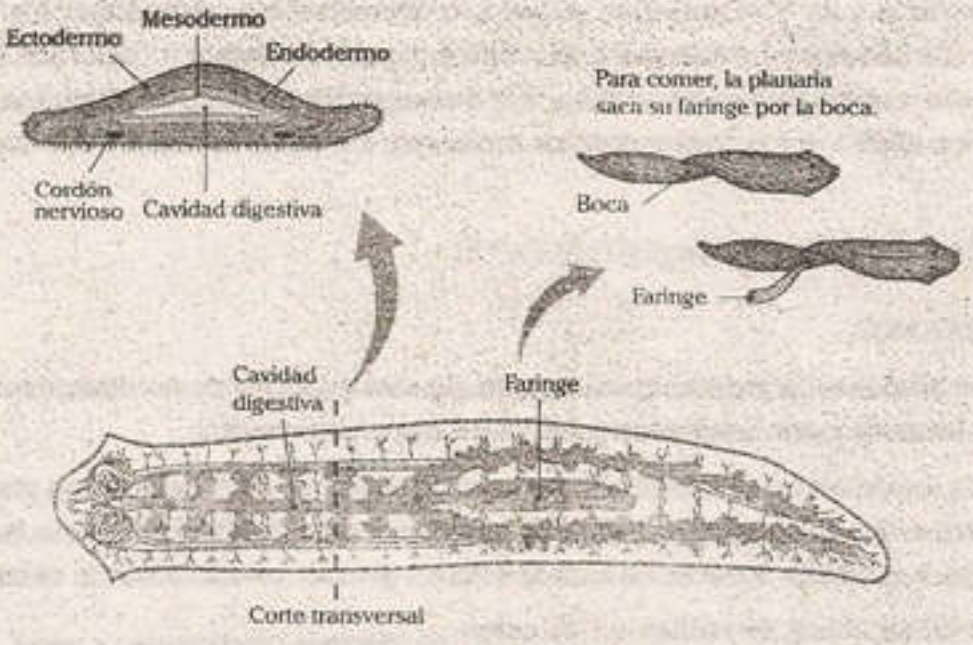
La cavidad digestiva de los turbelarios (planarias) es típicamente un saco ciego. La boca-ano de posición medioventral se continúa con una **probóscide** (faringe compleja) que yace dentro de una cavidad y que durante su alimentación puede proyectarse para capturar su alimento. Gracias a la secreción de **endopeptidasas**, las planarias digieren los tegumentos de su presa para luego succionar las sustancias digeridas por medio de su probóscide.

El proceso se completa en el **intestino ramificado** compuesto de tres ramas (por ello se los clasifica como tríclados), una anterior y dos posteriores, cada una de las cuales tiene divertículos laterales que aumentan la superficie de absorción.

Ciertas células que tapizan el intestino realizan fagocitosis y digestión intracelular, completándose el proceso digestivo.

Las planarias son capaces de sobrevivir en estado de inanición, ya que pueden digerir gradualmente sus propios tejidos (el mesénquima).

SISTEMA DIGESTIVO DE UNA PLANARIA



Las tenias son gusanos platelmintos céstodos, parásitos que absorben los nutrientes digeridos por el hospedador a través de toda su superficie corporal; carecen de sistema digestivo, es decir, no tienen boca ni ano. El escólex es la parte anterior de su cuerpo y está provista con ventosas y ganchos para sujetarse del epitelio intestinal de su huésped.

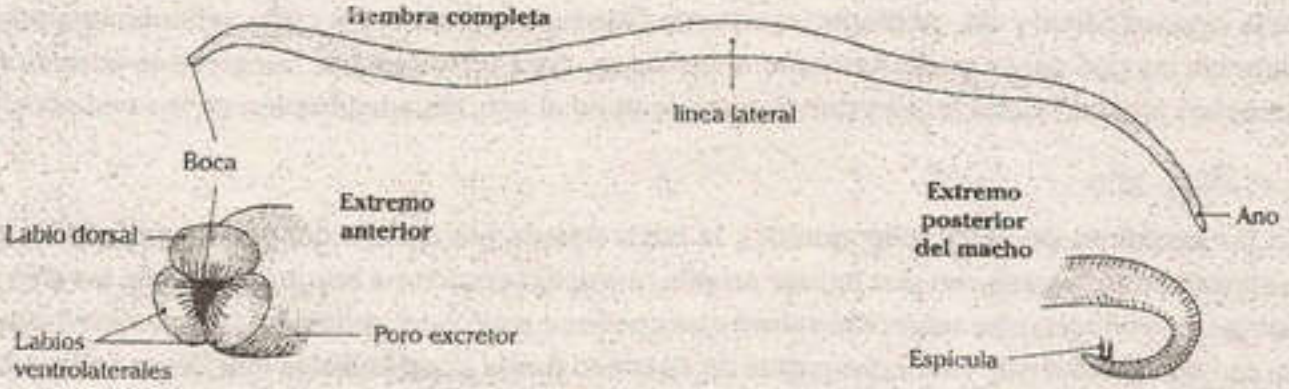
4.3. NEMATODOS

Los nematodos de vida libre son el grupo de consumidores más cosmopolitas en las cadenas tróficas, mientras que los nematodos parásitos causan problemas de salud a nivel mundial. Muchos nematodos de vida libre y terrestre son carnívoros (se alimentan de pequeños metazoos) y algunas especies son fitófagas. Las formas acuáticas se alimentan de diatomeas, algas, hongos y bacterias. Hay especies terrestres como la *Globodera palida*, que perforan las células de las raíces en plantas para succionar su contenido causando daño a cultivos comerciales.

Estructuralmente poseen un **sistema digestivo completo**. La cavidad bucal (estoma) tubular está localizada en el extremo apical y está recubierta por cutícula, se encuentra rodeada por lóbulos en forma de labios que pueden llevar dientes especialmente en especies carnívoras (esto tiene un enorme valor para la identificación); también tienen una faringe que contiene uno o más **bulbos**, los cuales funcionan como bombas succionadoras que llevan el alimento de la boca al intestino. Este es largo, tubular y está formado por una capa de células epiteliales, continúa con un corto recto y se conecta con el ano de posición ventral.

La digestión comienza siendo **extracelular** debido a las enzimas secretadas por las células faríngeas e intestinales y se completa **intracelularmente** en el interior del epitelio intestinal. Los productos de la digestión pasan del intestino al seudoceloma, que participa en el transporte interno ya que no tienen vasos sanguíneos.

Boca de una lombriz intestinal

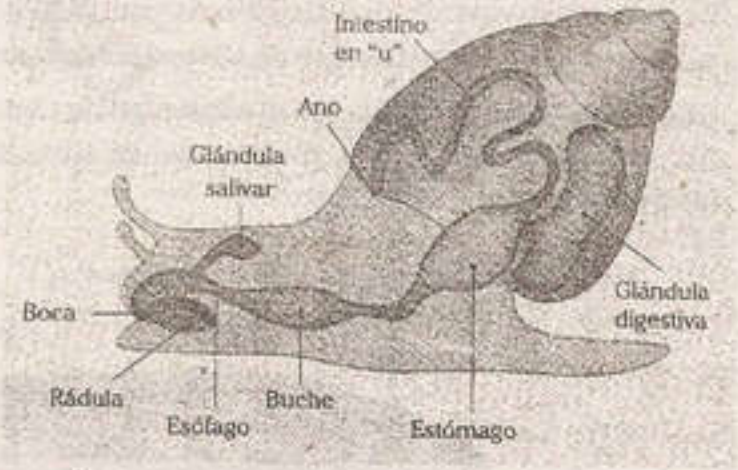


4.4. MOLUSCOS

El aparato digestivo de los moluscos, como es el caso de los **gasterópodos** (caracoles de huertas), comienza en la cavidad bucal, cuyas paredes están recubiertas por una cutícula. Dentro de la cavidad bucal se encuentra la **rádula**, una especie de lengua sujetada por el odontóforo (una masa de cartílago), cuya superficie se halla revestida por filas transversales de dientes quitinosos. Este órgano funciona como una estructura raspadora y recolectora.

La boca se continúa con la faringe, en cuyas paredes se abren los conductos de uno o dos pares de glándulas salivales (en algunos casos ausentes) que a veces adquieren las características de glándulas venenosas que expulsan un líquido tóxico capaz de paralizar o matar a sus presas.

Sistema digestivo de un caracol



El tubo digestivo continúa con el esófago, que se dilata originando el buche, lugar donde se almacenan los alimentos. Luego continúa el estómago, donde el alimento es parcialmente digerido y empujado mediante la acción de minúsculos cilios hacia los conductos de dos grandes **glándulas digestivas** o **hepatopáncreas**. Estos ocupan prácticamente la totalidad de la masa visceral y tienen como función tanto la absorción de las partículas alimenticias como la secreción de enzimas digestivas, ya que en los moluscos la digestión es en parte extracelular (básicamente en el estómago) y también intracelular (sobre todo en el hepatopáncreas). Del estómago parte el intestino posterior llamado intestino en "u", que describe en mayor o menor grado una serie de circunvoluciones y se abre a través del ano (ubicado en la cavidad paleal).

Los **cefalópodos** (pulpos, calamares) son carnívoros que atrapan a sus presas con los **tentáculos** que rodean la boca pues son prensiles, están desprovistas de ventosas pero presentan rebordes transversales. Sus bases se fusionan y forman una especie de embudo cefálico que rodea la boca. Dorsalmente este embudo se continúa con una caperuza coriácea o "pico" de función protectora.

Los **bivalvos** o **pelecípodos** (choros, conchas de abanico) toman el alimento por un proceso de **filtración** del agua, de tal forma que no presentan maxilas ni rádula. Estos animales abren su boca en la cavidad paleal y allí, mediante un sistema filtrador compuesto por cilios, retienen las partículas alimenticias que pasan posteriormente al estómago para ser digeridas. Luego de la absorción, los desechos forman bolitas fecales que desembocan en el ano, situado también en la cavidad paleal.

4.5. ANÉLIDOS

En las lombrices de tierra (oligoquetos), la boca situada por debajo del prostomio (primer anillo corporal) se comunica con una faringe amplia que actúa como una bomba aspirante, las glándulas faríngeas producen una secreción salival que contiene moco y enzimas. La faringe desemboca en un esófago tubular que en ciertas partes de su pared posee las **glándulas calcíferas** (glándulas de Morren) que secretan cristales de calcita (carbonato cálcico), que permite liberar al cuerpo del exceso de calcio ingerido con el alimento.

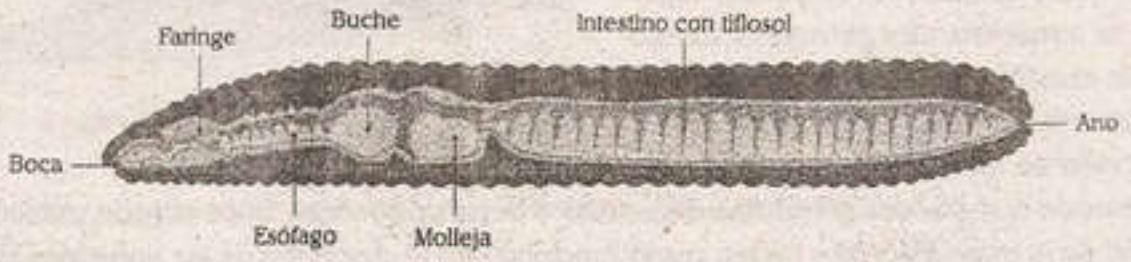
El estómago de las lombrices de tierra se divide en dos partes. La primera es el **buche**, que se encarga de almacenar alimentos, y la otra es una **molleja muscular** de pared gruesa que tritura los alimentos.

Alrededor del intestino presenta una glándula digestiva denominada **cloragógena**, que se encarga de la síntesis y almacén de glucógeno, formación de amoniaco, urea y almacenamiento de grasas. Cuando está repleto libera los **eleocitos** (células cargadas de grasa) y pasan al celoma donde descargan nutrientes que permiten reparar zonas dañadas.

En el intestino destaca una membrana conocida con el nombre de **tiflosollo** o tiflosol, cuya función es aumentar la superficie de absorción de nutrientes.

La mayor parte de oligoquetos se alimentan de materia orgánica muerta. Las lombrices de tierra lo hacen de la superficie del suelo arrastrando alimento a sus galerías, algunas veces lo obtienen del lodo o suelo mientras excavan.

Sistema digestivo de una lombriz de tierra



Las especies acuáticas depredadoras tubícolas capturan sus presas mediante una faringe eversible o probóscide, que lleva generalmente dos mandíbulas córneas esclerotizadas. Los carroñeros y omnívoros usan las mandíbulas para arrancar fragmentos de animales o algas.

4.6. ARTRÓPODOS

4.6.1. En los insectos

En los **insectos** el tubo digestivo es muy variado, sin embargo se divide en tres partes fundamentales: estomodeo, mesodeo y proctodeo.

El estomodeo o intestino anterior

Está constituido por el aparato bucal, la faringe, el esófago, el buche y el proventrículo. Se encargan de tomar el alimento, masticarlo, almacenarlo y prepararlo para la digestión. La boca está provista de distintos "aparatos bucales" (estiletes, probóscides, maxilas aserradas, sifones, etc.), que originan una variedad de bocas: masticadoras, chupadoras, picadoras, etcétera.

TIPOS DE APARATOS BUCALES EN LOS INSECTOS

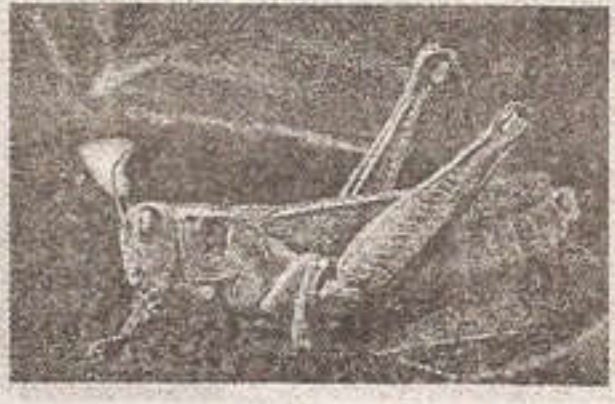
El mesodeo, mesenteron o intestino medio

Está constituido por los ciegos gástricos y el ventrículo (estómago). Los **ciegos gástricos** producen los jugos digestivos y realizan la digestión química de los alimentos, luego la absorción es realizada por el estómago.

El proctodeo o intestino posterior

Constituido por el íleon, el colon y el recto. Sirve para eliminar sustancias no aprovechables y la orina. En el íleon se encuentran los **túbulos de Malpighi**, encargadas de la eliminación de sustancias de desecho. En el resto se halla el **bulbo rectal** que reabsorbe el agua de la orina.

SISTEMA DIGESTIVO DE UN SALTAMONTE



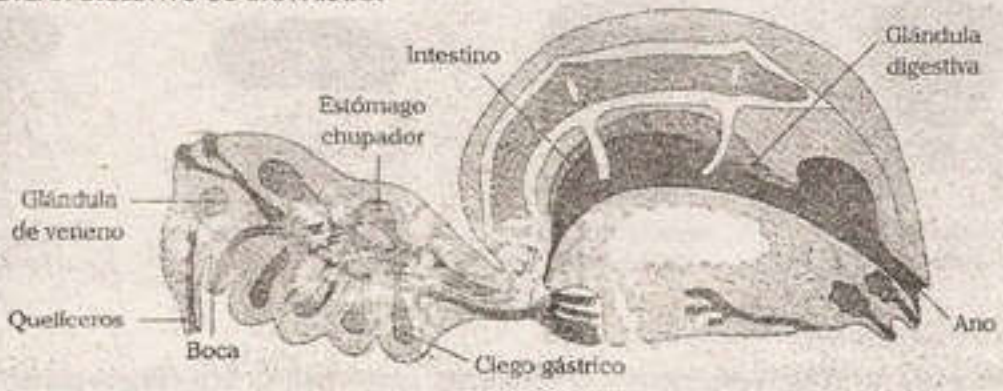
Algunos insectos que se alimentan de madera, como las termitas o comejenes (orden isóptera), tienen dentro del tubo digestivo algunos microorganismos (protozoos) que son muy importantes para digerir la celulosa.

4.8.2. En los arácnidos

Las **arañas** son animales depredadores que paralizan a sus presas con el veneno de sus **quelíceros**; generalmente inyectan enzimas digestivas en la presa, realizando una digestión externa al menos parcial. Muchas arañas mastican a la presa parcialmente con dientes que forman parte del artejo basal de los quelíceros. Ahí se localizan también comúnmente pelos que permiten en muchos casos filtrar eficazmente el alimento, separando las partículas sólidas del líquido.

Al principio del tubo digestivo se sitúa el **estómago succionador**, de función chupadora. Luego, desde la mitad del prosoma y hasta el final del opistosoma se extiende el **intestino medio**, dotado generalmente de divertículos llamados **ciegos gástricos**, que en algunos casos se extienden incluso a las patas. La digestión química se realiza solo parcialmente en la luz del intestino, luego se da la fagocitosis de pequeñas partículas y se completa de manera intracelular.

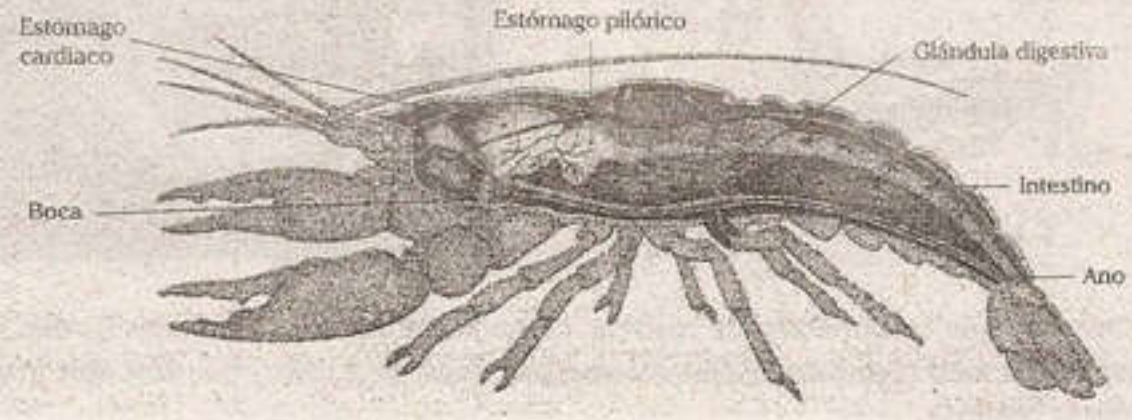
SISTEMA DIGESTIVO DE UNA ARAÑA



4.8.3. En los crustáceos

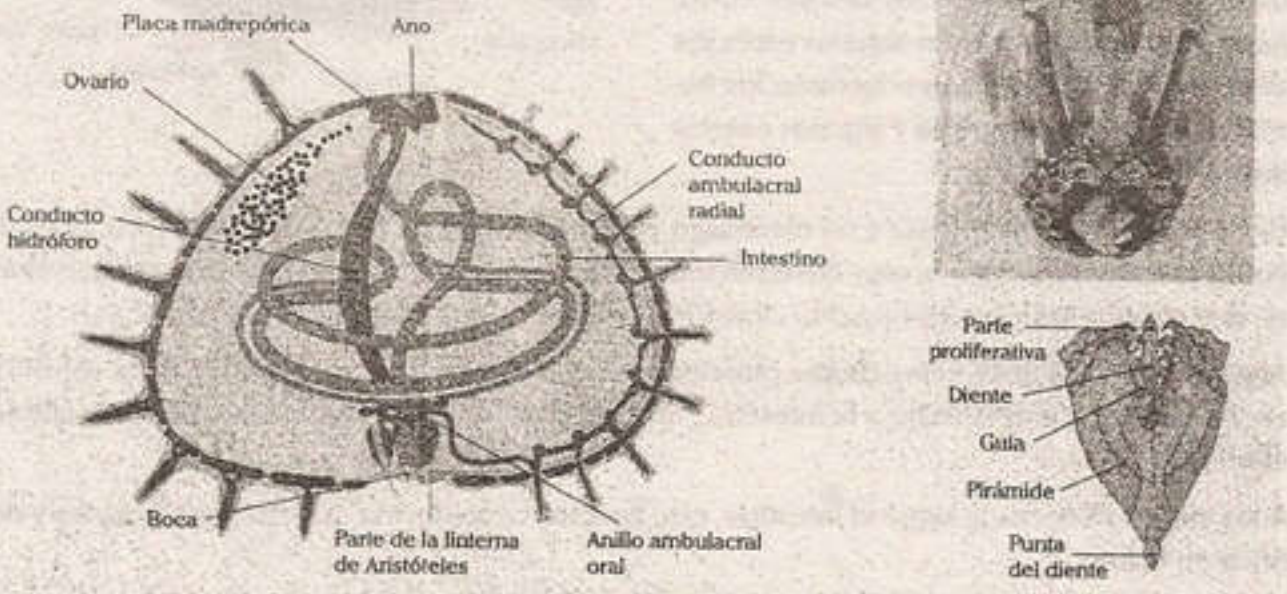
En los **crustáceos** el tubo digestivo es recto, la boca ventral se continúa con un esófago tubular que normalmente se agranda en un estómago bicameral, el anterior llamado cardiaco y el posterior llamado pilórico; en el **estómago cardiaco** existe una estructura formada por tres dientes quitinosos que permite triturar los alimentos denominado **molinillo gástrico**. El intestino medio forma un par de ciegos que se modifican como dos glándulas digestivas (hepatopáncreas) y secretan enzimas digestivas.

SISTEMA DIGESTIVO DE UN CANGREJO DE RÍO



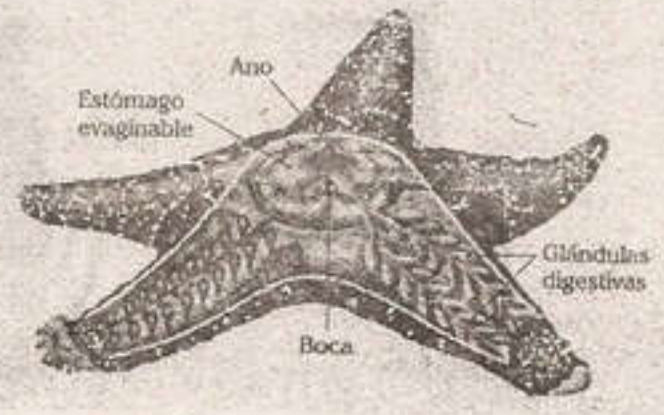
Los **erizos de mar** (clase equinoidea) se alimentan de partículas orgánicas sedimentadas en la arena utilizando el aparato masticador llamado **linterna de Aristóteles**, que está constituido por cinco piezas calcáreas llamadas pirámides, dispuestas radialmente y conectadas con fibras musculares transversales que colaboran en su aversión y retracción. En el interior de la linterna de Aristóteles se encuentran la cavidad bucal y la faringe, que asciende y conduce hasta el esófago que se conecta con un estómago tubular. En el punto de unión entre el esófago y el estómago hay un ciego en forma de saco. El estómago se une al intestino que realiza la absorción, y luego de dar vueltas en sentido contrario al estómago, se conecta con el recto y finaliza en el ano.

SISTEMA DIGESTIVO DE UN ERIZO DE MAR



En el caso de las **estrellas de mar** (clase asteoridea), la boca se ubica abajo y está rodeada de una membrana peristomial, circular y musculosa. La boca se continúa con un corto esófago que se abre en un estómago que ocupa la mayor parte del espacio interior; este estómago es bicameral, la primera cavidad es oral y vertible, se le denomina **estómago cardiaco** y le permite capturar a su presa porque puede sacarlo fuera de la boca y además vierte algunas enzimas. La segunda cavidad se denomina **estómago pilórico** y se caracteriza por la presencia de **diez ciegos pilóricos** que se extienden dos a cada brazo; en estos ciegos la estrella de mar realiza la digestión. La mayoría de asteroideos son carnívoros, se alimentan de bivalvos, caracoles, crustáceos, poliquetos, etcétera.

SISTEMA DIGESTIVO DE LA ESTRELLA DE MAR



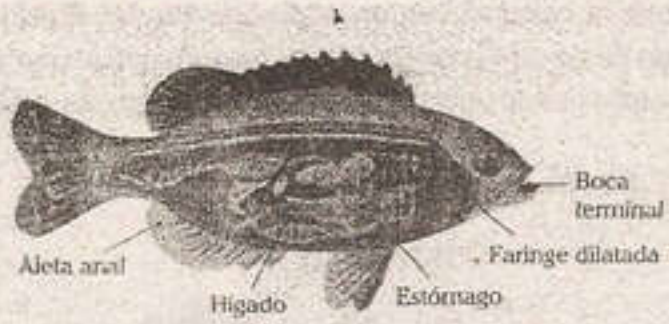
Las **estrellas quebradizas** (clase crinoideos) son animales suspensívoros, recolectan su alimento manteniendo los brazos extendidos y los pies ambulacrales erectos.

4.5. PECES OSTEICTIES

Su tubo digestivo se inicia con una **boca terminal**, donde se encuentran los dientes y una lengua pequeña e inmóvil. Los peces no emplean la boca para la masticación, como ocurre en los mamíferos, y carecen de glándulas salivales. La cavidad bucal se continúa con la faringe.

Los peces filtradores como la tilapia poseen una serie de **dientes faríngeos** que utilizan para quebrar los alimentos en pequeñas partículas. La faringe comunica con las branquias, donde las partículas alimenticias son canalizadas por las espinas branquiales hacia el esófago, que es casi siempre corto, recto y muy musculoso. En algunas especies tropicales a este nivel se encuentran los llamados **dientes esofágicos** y algunas células gustativas.

Sistema digestivo de una perca



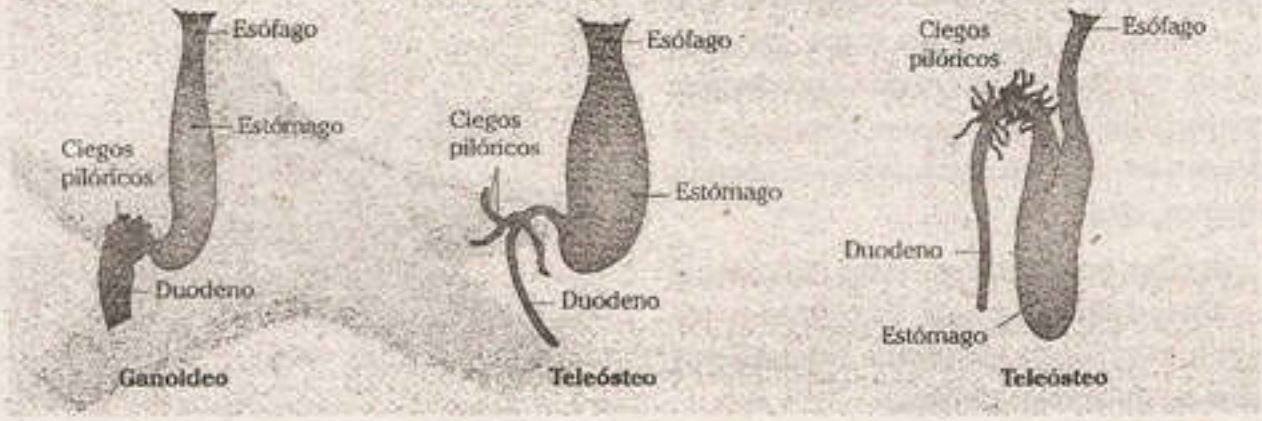
Del esófago el alimento pasa a un **estómago curvo** que termina en la válvula pilórica. El estómago posee paredes musculares muy desarrolladas y una mucosa gástrica protegida por moco abundante, que soporta las pepsinas y ácido clorhídrico elaborados por las glándulas gástricas.

Algunas especies poseen los **ciegos pilóricos** (hasta 70), ubicados en la región de la válvula pilórica; de histología muy similar a la intestinal, que secretan enzimas digestivas y también almacenan alimentos.

A los ciegos pilóricos le sigue el intestino, que generalmente forma dos circunvoluciones y desemboca en el ano.

Generalmente poseen **dos hígados** (2% del peso total), aunque la trucha arco iris solo tiene uno y los atunes llegan a poseer tres. El hígado produce la bilis que emulsifica las grasas, fabrica el colesterol y los pigmentos biliares; también puede funcionar como un complejo **hepatopáncreas** debido a que el páncreas puede presentarse en el interior del parénquima hepático alrededor de la vena porta.

Ciegos pilóricos en los peces

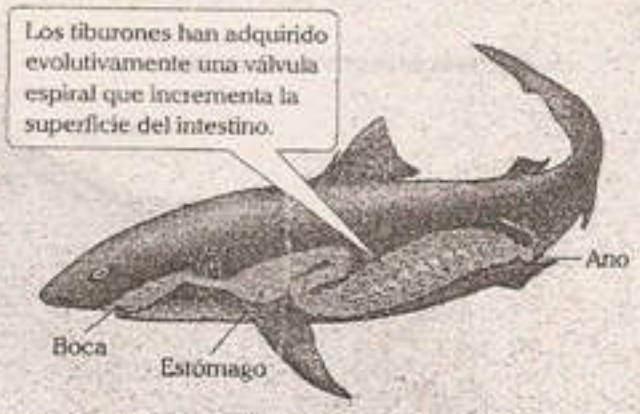


Está demostrado que la trucha es un animal fisiológicamente "diabético", ya que produce una cantidad mínima de insulina, insuficiente para disminuir la concentración de glucosa en la sangre, por ello, en la naturaleza la trucha está adaptada a regímenes ricos en proteínas. En cría artificial se reemplaza una cierta cantidad de proteínas por glúcidos, fuente de energía que la trucha puede almacenar en el hígado bajo forma de glucógeno.

4.9. PECES CONDRICTIES

Son principalmente carnívoros y su tubo digestivo se inicia con una boca ventral, dientes agudos, una lengua plana fijada al suelo de la boca; le sigue una ancha faringe con aberturas laterales llamadas hendiduras branquiales, esófago corto, estómago en J, el cual termina en la válvula pilórica; el intestino tiene unas **válvulas en espiral** que reducen la velocidad de pasaje en los alimentos y favorecen la absorción. El gran hígado y páncreas desembocan en el intestino. Al final de este hay una **glándula rectal** para la eliminación de exceso de sales. El tubo digestivo termina en la cloaca y se abre al exterior por medio del ano.

SISTEMA DIGESTIVO DE UN TIBURÓN



4.10. ANFIBIOS

Debido a que tienen metamorfosis (desarrollo indirecto) existen diferencias entre el aparato digestivo de las larvas (renacuajos) y de los adultos.

En los **renacuajos**, larvas de los anuros (sapos y ranas), el tubo digestivo comienza en la boca, donde no se observan dientes, sino filas de unas estructuras queratinosas denominadas **queratodontes**. Estas cumplen la función de raspar las superficies para obtener microorganismos o en otros casos "roer" los detritos. A la boca le sigue el esófago ciliado y luego el estómago, que carece de función digestiva (solo almacenamiento). El intestino es delgado y muy largo, reflejando una clara adaptación a la alimentación herbívora. En las larvas de los urodelos, el tubo digestivo tiene más similitud con el del adulto, y el esófago ya exhibe peristaltismo (su dieta es carnívora).

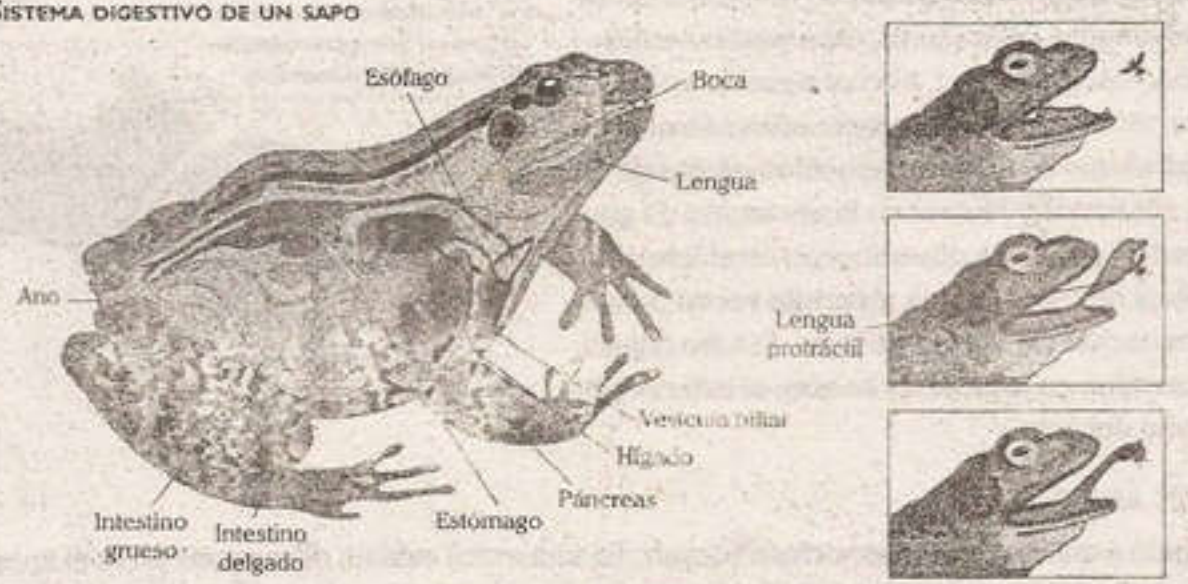
En los **anfibios adultos**, el aparato digestivo comienza en la **boca**, en cuya cavidad suele existir una **lengua muscular protráctil** que sirve como elemento para capturar las presas vivas. En algunos urodelos la lengua puede faltar, pero cuando está presente es una estructura pegajosa que adhiere a las presas y ayuda a la deglución. La dentición es homodonta y polifiodonta. En algunas especies existen glándulas mucosas que secretan una sustancia que ayuda a la deglución, y también pueden existir glándulas salivares.

El **esófago** es corto y comunica directamente con el estómago; posee un epitelio ciliado con células caliciformes. El **estómago** posee cardias y es de forma elongada. Es un órgano muy distensible, con epitelio de secreción de HCl y pepsinógeno, que comunica con la primera porción del intestino delgado a través de un esfínter denominado píloro.

El **intestino delgado** es recto en las salamandras y cecilias, y enrollado en los sapos y ranas. Puede distinguirse una porción anterior, con función digestiva, donde desembocan los conductos del hígado y páncreas (porción duodenal); y una porción posterior, con funciones de absorción (porción iliaca).

El **intestino grueso**, que se encuentra enrollado, posee como función principal la resorción del agua. El aparato digestivo termina en la cloaca, en la cámara coprodeal; dorsalmente a ella hay otra cámara donde se acumula y concentra la orina, el urodeo. Finalmente, la cloaca se abre al exterior por medio del ano. Las ranas y los sapos son carnívoros depredadores. Su alimentación se compone principalmente de insectos, lombrices y arañas.

SISTEMA DIGESTIVO DE UN SAPO



4.11. REPTILES

El sistema digestivo reptiliano es completo, provisto de glándulas anexas. Por lo general son carnívoros, como las serpientes, lagartos y cocodrilos, aunque las tortugas son herbívoras.

La **boca** generalmente tiene dentición homodonta (dientes iguales) y polifiodonta (los dientes son reemplazados periódicamente). En reptiles venenosos, la implantación de los dientes puede ser **acrodonta**, con los bordes del diente adheridos a un mismo nivel (algunas lagartijas), o **pleurodonta**, con el diente apoyado en dos niveles para más resistencia (la mayoría de los escamados). En los cocodrilos la implantación es **tecodonta** (en alvéolos dentales) y los dientes están cementados. Entre los ofidios (culebras y serpientes) se distinguen cuatro grupos en función del tipo de diente inoculador de veneno. Los **aglifos** son aquellos ofidios cuyos dientes no inoculan veneno. Los **opistoglifos** poseen dientes inoculadores situados en la parte posterior del maxilar con surco abierto, mientras que los **proteroglifos** son especies muy ponzoñosas, de pequeños dientes con surco cerrado en posición anterior. El aparato inoculador más especializado es el que exhiben los **solenoglifos**, en ellos el hueso maxilar es corto y móvil. El diente es recorrido en toda su extensión por un canal cerrado, por donde circula la ponzoña. La compresión de la glándula de ponzoña solo puede liberar su contenido por el glifo.

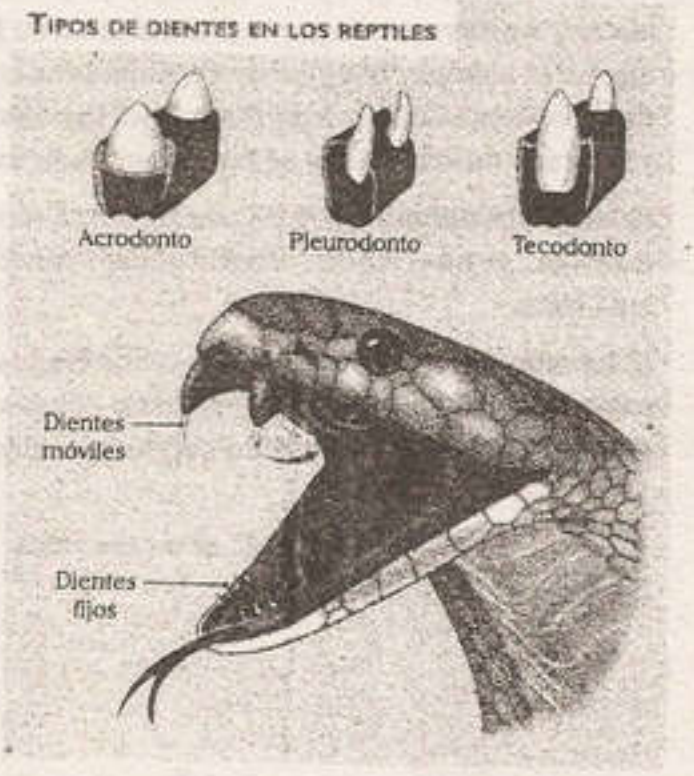
Las **glándulas salivales** de las serpientes secretan venenos que contienen sustancias enzimáticas y neurotoxinas.

Los quelonios carecen de dientes, tienen un **pico córneo**, constituido por el maxilar y la mandíbula que se hallan recubiertos por la rinoteca y la gnatoteca, respectivamente.

La **faringe** está tapizada por un epitelio estratificado plano; en las tortugas se encuentra ligeramente queratinizada.

El **esófago** y el **estómago** son muy similares al de los vertebrados superiores. Las glándulas gástricas se componen de las llamadas células claras (cúbicas o poliédricas) y las células principales o cimógenas. No se han descrito células parietales en los reptiles.

El **intestino delgado** realiza la absorción mediante las vellosidades intestinales y la digestión con secreciones de las glándulas de Lieberkühn. El **intestino grueso** finaliza en la abertura cloacal (ano). El **hígado** generalmente carece de lobulillos hepáticos clásicos; los hepatocitos se disponen en cordones de dos células de grosor. El **páncreas** en los reptiles es también una glándula mixta tanto exocrina como endocrina.



2.12. AVES

El aparato digestivo comienza con la boca, lugar donde no se produce ninguna masticación y el alimento es tragado entero, mediante el pico.

El **pico** es una estructura prensil, principalmente córnea, de dureza variable y compuesto de queratina (también se le llama **ranfoteca**). Está inervado por terminaciones sensitivas del nervio trigémino, que lo convierten en un órgano táctil. En las paredes de la **cavidad bucal** se hallan numerosas glándulas salivales que producen amilasa salival y lipasa.

La **lengua** estrecha y puntiaguda participa en la prensión, selección y deglución de los alimentos. En las gallinas está suspendida del hioides y consta de músculos rudimentarios, de ahí que su movilidad sea escasa; en su dorso existe una fila transversal de papilas filiformes de función táctil. La **faringe** no está muy diferenciada.

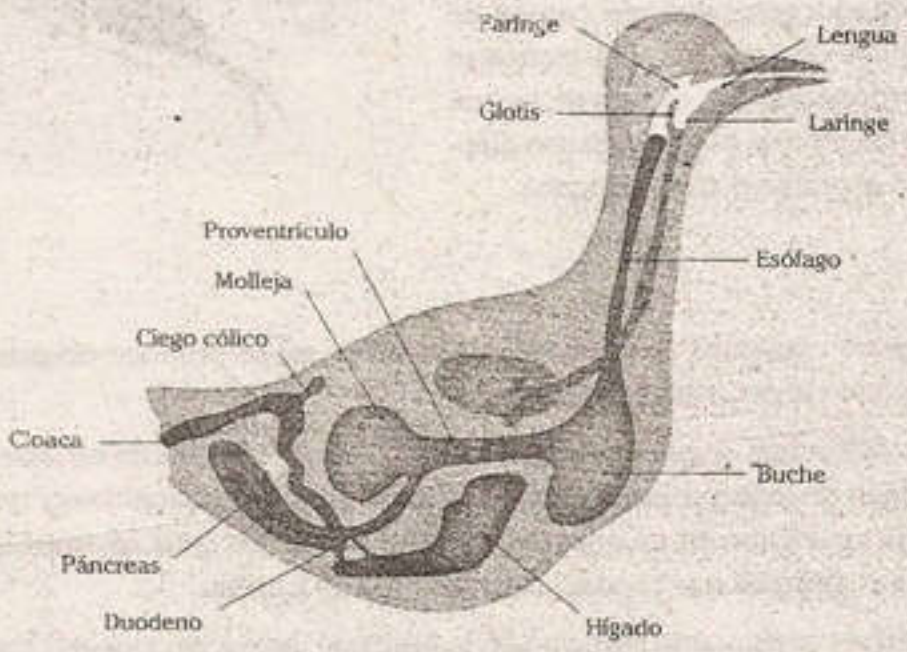
El **esófago** es amplio y dilatable, lo que permite el paso de voluminosos alimentos. Las aves granívoras y carnívoras poseen una evaginación extraordinariamente dilatable denominada **buche** o **ingluvio**, que cumple fundamentalmente dos funciones: almacenamiento de alimentos (para el remojo, humectación y maceración de los alimentos) y regulación de la repleción gástrica. Además, colabora al reblandecimiento e imbibición del alimento.

El **estómago** consta de dos porciones claramente distinguibles exteriormente: el estómago glandular y el estómago muscular. El **estómago glandular** (proventrículo o estómago anterior) contiene glándulas visibles macroscópicamente que segregan HCl (ácido clorhídrico) y pepsinógeno, por ello es considerado el verdadero estómago de las aves. El **estómago muscular** (molleja, estómago mecánico o posterior) tiene por función principal el aplastamiento y pulverización de granos, su eficacia se incrementa por la presencia en su interior de **gastrolitos** (pequeñas piedrecillas), que ingiere el animal y pueden ser considerados como sustitutivos de los dientes. La actividad motora de la molleja es de carácter rítmico por la contracción de dos músculos principales: la capa córnea y la túnica muscular, que se presionan mutuamente.

El **intestino delgado** se extiende desde la molleja hasta los ciegos cólicos. Posee tres porciones: duodeno, yeyuno e íleon. Recibe el jugo pancreático y la bilis. La mayoría de aves carece de vesícula biliar.

El **intestino grueso** presenta uno o dos **ciegos cólicos** que se encargan de la absorción de agua y están relacionados con la digestión de celulosa, luego se encuentra el **recto** corto y finalmente la **cloaca**, que recibe además los conductos urinarios y reproductores.

APARATO DIGESTIVO DE UN AVE TIPICA



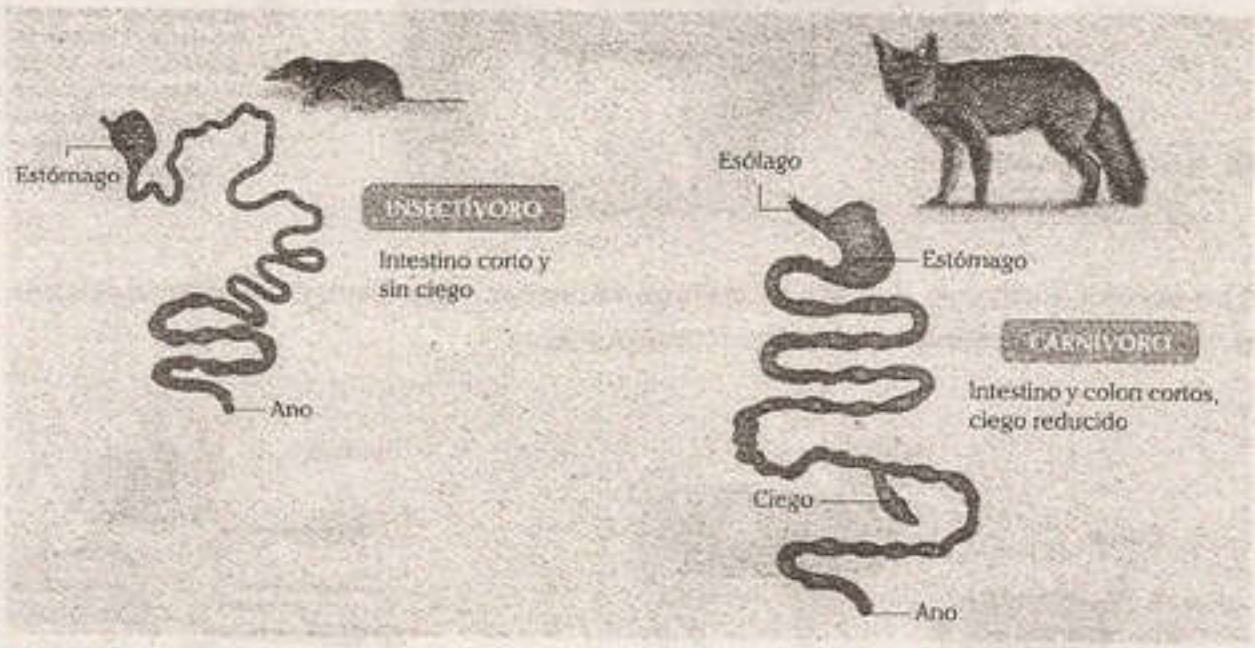
4.13. MAMÍFEROS

Tienen un sistema digestivo completo y complejo. Destacan sus modificaciones en la boca, estómago e intestinos.

La dentición es **tecodonta**, dientes ubicados en alvéolos dentro del hueso; **difiodonta**, con dos denticiones, y **heterodonta**, dientes con formas diferentes: incisivos para cortar, caninos para agarrar o desgarrar, y tanto premolares como molares para aplastar o moler.

En los prototerios o monotremas (ornitorrinco y equidna) la boca está cornificada y diferenciada en un **pico** que les permite ingerir pequeños animales invertebrados.

Respecto al estómago, los mamíferos pueden ser monogástricos o poligástricos. En los **mamíferos monogástricos**, el estómago está interpuesto entre el esófago y el intestino delgado, y se distingue por presentar una subcapa de fibras oblicuas que le permite batir los alimentos para facilitar la acción de las enzimas.



En los **mamíferos poligástricos** como los rumiantes (ciervo, oveja, jirafa, vaca), el **estómago es tetralocular** y ocupa las tres cuartas partes de la cavidad abdominal (con una capacidad entre 90 y 230 litros). Presenta la panza, el bonete, el libro y el cuajar.

La **panza** (herbario o rumen) es un saco ovalado con pliegues internos denominados pilares que la dividen en seis cavidades, cuya función es facilitar la fermentación microbiana (degradación de la celulosa). Asimismo posee el **surco esofágico**, que durante la lactancia permite que la leche pase directamente del esófago al abomaso.

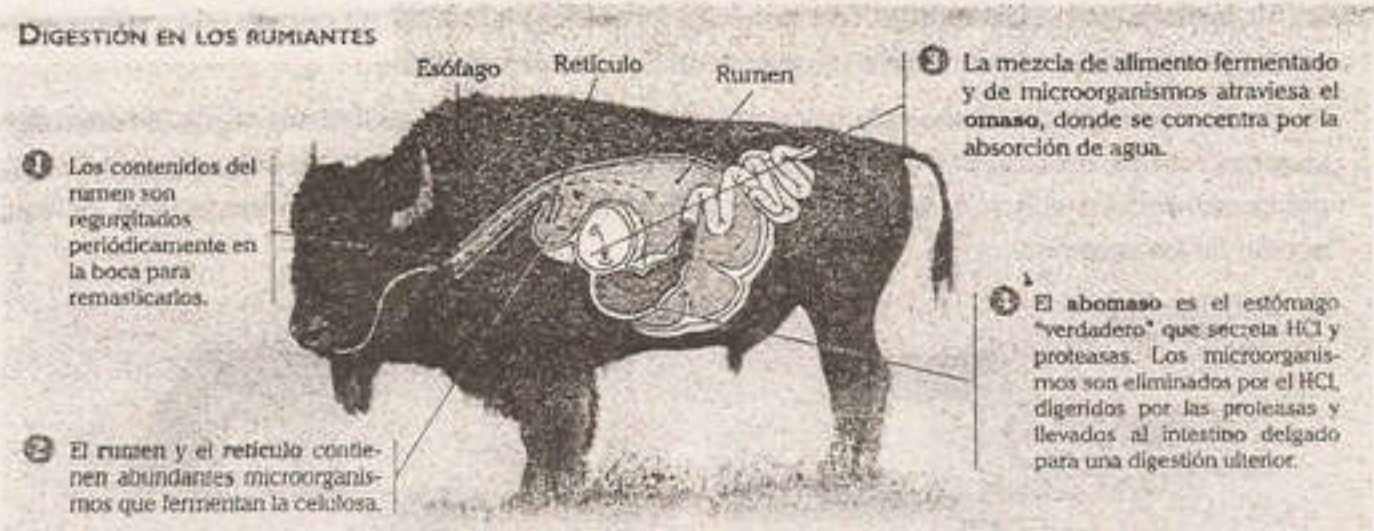
El **bonete** (redecilla o retículo) es el más pequeño de los cuatro estómagos y tiene forma redondeada. Presenta pliegues transversos y verticales que dividen la mucosa en numerosas celdillas. La superficie áspera posee las *papilas cornea*s, que contribuyen a la trituración de la papilla alimenticia.

En la panza y el bonete se almacena temporalmente el alimento, luego regresa a la boca por contracciones del bonete; y de la boca retorna al estómago.

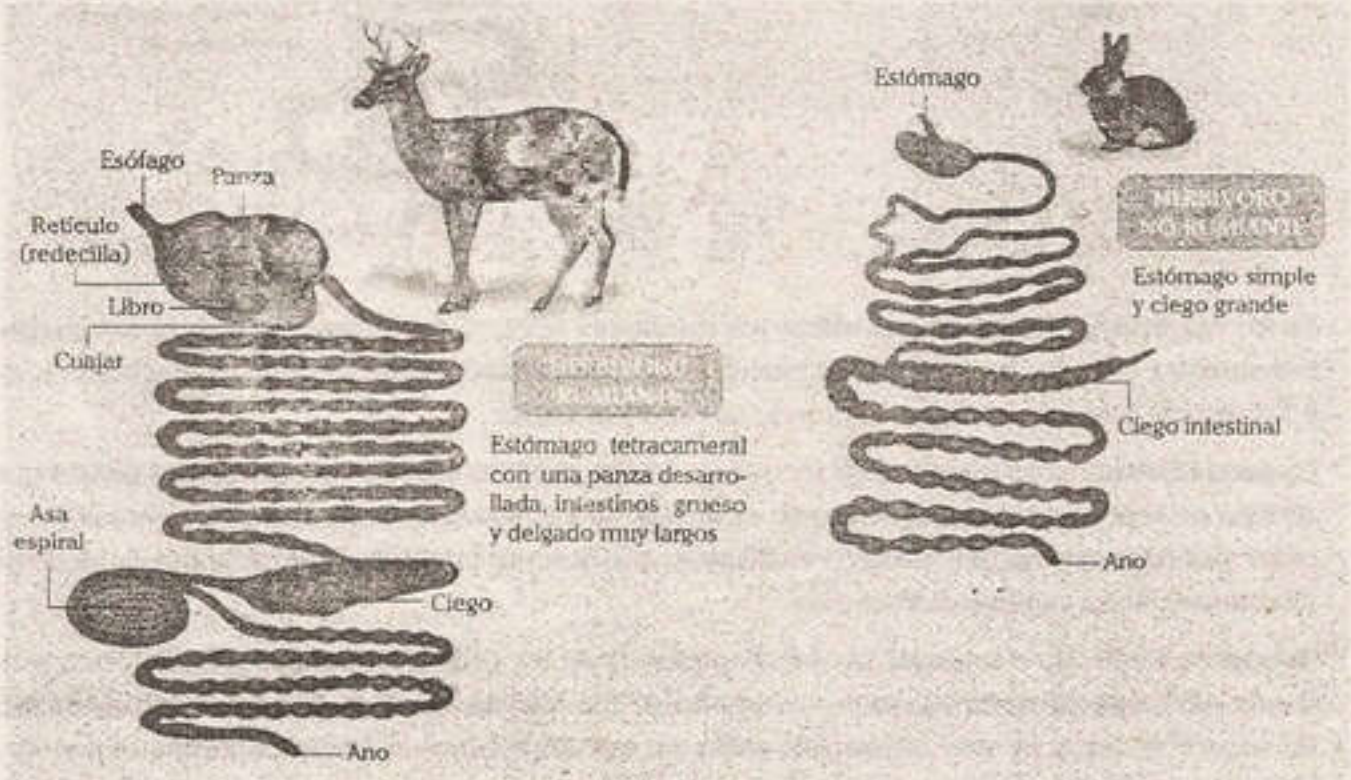
El **libro** (librito, salterio u omaso) absorbe agua mediante las láminas del Omaso; esta cámara está ausente en los falsos rumiantes (camellos y auquénidos).

El **cuajar** (estómago verdadero, glandular o abomaso) es el verdadero estómago de los rumiantes porque en él se segrega el jugo gástrico y además es el único con histología estomacal.

La absorción de nutrientes se realiza en el intestino delgado, lugar donde finaliza la digestión.



En los conejos y caballos, que son herbívoros no rumiantes, la fermentación de la celulosa se realiza en un **ciego intestinal** al inicio del intestino grueso.



Referencias bibliográficas

BARNES, Robert. *Zoología de los invertebrados*. México: McGraw-Hill Interamericana, 1990.

WEICHERT, C. y W. PRESCH. *Elementos de anatomía de los cordados*. México: McGraw-Hill Interamericana, 1981.

Metano, vacas y cambio climático

Diversos estudios otorgan al metano, producido principalmente por el ganado, un mayor protagonismo en el cambio climático. ¿Dar de comer mejor a las vacas para combatir el cambio climático? Así lo consideran diversos expertos, convencidos de que el metano producido por la digestión de estos rumiantes tiene un efecto mayor del que se cree en este problema.

Científicos del Instituto de Investigaciones Medioambientales de Aberystwyth (Gales, Reino Unido) plantean cambiar la dieta del ganado vacuno, causante de una cuarta parte de las emisiones de metano producidas por actividades humanas. Los expertos proponen cultivar trébol blanco y otras leguminosas, con mayor nivel de azúcar, para que se conviertan en el forraje de estos animales. De esta manera, se modificaría el proceso por el que sus estómagos convierten el alimento en metano, que acaba siendo evacuado principalmente por la boca.

El metano atrapa 20 veces más el calor que el dióxido de carbono (CO_2), considerado el principal gas de efecto invernadero (GEI). Sin embargo, el hecho de que en los años 90 sus niveles se mantuvieran relativamente constantes, motivó que el Protocolo de Kyoto estableciera para el metano límites más flexibles.

Ahora bien, diversos estudios hablan de un gran incremento de este gas en los últimos años, y algunos científicos incluso lo consideran tanto o más peligroso que el CO_2. Así, investigadores de la Universidad Abierta de Reino Unido y de la Universidad alemana de Colonia recuerdan que el metano fue ya el responsable del calentamiento global de hace unos 180 millones de años, y que acabó con un gran número de especies. Según estos científicos, el fenómeno se produjo a causa de pequeñas ondulaciones en la órbita de la Tierra que periódicamente acercan nuestro planeta al Sol. De esta manera, los océanos se calentaron y descongelaron las enormes cantidades de metano atrapadas en el lecho marino, expulsándolo a la atmósfera. En este sentido, el bioquímico Rudolf Amann, del Instituto Max Planck (Alemania), destaca el papel de las bacterias, que evitan en la actualidad que el metano atrapado en el fondo marino salga a la superficie.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

La presencia de ciegos cólicos permite aumentar la absorción de agua a

A) las aves.
B) los peces.
C) los reptiles.
D) los anfibios.
E) los mamíferos.

Resolución

Las aves presentan una o dos proyecciones al final del intestino delgado (a nivel del colon), se trata de los ciegos cólicos, que reabsorben agua y además presentan microorganismos simbiontes para la digestión de la celulosa.

Clave: A

Pregunta 2

En los rumiantes, la acción digestiva de las enzimas, producidas por bacterias endosimbióticas, se realiza principalmente en

A) la boca.
B) el libro.
C) el cuajar.
D) la panza.
E) el intestino grueso.

Resolución

Las bacterias simbiontes se localizan a nivel de la panza (rumen) y también en el bonete (retículo o redecilla). En estos órganos el material ingerido es procesado por la acción de enzimas extracelulares bacterianas (exoenzimas) en condiciones anaeróbicas.

Clave: D

Pregunta 3

Los animales cuya boca-ano se comunica con la cavidad gastrovascular se denominan

A) poríferos.
B) celentéreos.
C) platelmintos.
D) nematodos.
E) anélidos.

Resolución

La boca-ano es típica de animales que presentan un sistema digestivo incompleto, como es el caso de los celentéreos y platelmintos. En el caso de los celentéreos ctenóforos, la boca-ano se comunica con una cavidad gastrovascular, donde se lleva a cabo la digestión extracelular.

Clave: B

Pregunta 4

Respecto al sistema digestivo de los animales invertebrados, señale la relación correcta.

A) molleja - poríferos
B) rádula - artrópodos
C) ciegos cólicos - anélidos
D) hepatopáncreas - moluscos
E) ciegos pilóricos - celentéreos

Resolución

En los moluscos, por ejemplo en los caracoles de huertas, existe una modificación del estómago conocida como glándula digestiva o hepatopáncreas, que secreta enzimas digestivas hacia la cavidad estomacal.

Clave: D

Lumbreras Editores

Pregunta 5

En los insectos y las lombrices de tierra, la trituración de los alimentos sólidos se realiza en

A) la rádula.
B) la molleja.
C) las mandíbulas.
D) el molinillo gástrico.
E) la linterna de Aristóteles.

Resolución

Algunos invertebrados, como la lombriz de tierra y los insectos fitófagos, presentan un estómago modificado denominado molleja, que tritura los alimentos sólidos ingeridos. La molleja, está dotada de una musculatura que le permite romper las fuerzas intermoleculares de lo ingerido, un fenómeno físico que favorece la acción posterior de las enzimas hidrolasas.

Pregunta 6

La función del tiflosol en los anélidos es

A) secretar enzimas.
B) aumentar la absorción.
C) almacenar alimentos.
D) triturar alimentos.
E) disminuir la absorción.

Resolución

El tiflosol incrementa la absorción de nutrientes en los anélidos debido a que es un pliegue que entra en contacto con los nutrientes y posee a nivel celular muchas moléculas transportadoras.

Pregunta 7

¿Cuáles de los siguientes animales no presentan cloaca?

A) aves
B) reptiles
C) anfibios
D) osteícties
E) condricties

Resolución

Dentro de los vertebrados, los condricties (tiburones), anfibios (sapos), reptiles (lagartos), aves (pinzones) e incluso los mamíferos monotremas (equidna y ornitorrinco) son cloacados. Los osteícties (peces óseos como las anchovetas, pejerreyes, lisas, jureles, bonitos, etc.) y los mamíferos euterios son vertebrados sin cloaca; este es un carácter diferencial del resto del grupo.

Pregunta 8

El estómago principal de los rumiantes, donde ocurre la digestión química de los alimentos, es el

A) esófago. B) libro. C) bonete.
D) cuajar. E) píloro.

Resolución

El estómago principal de los mamíferos rumiantes (vacas, venados, alces, renos, cabras, etc.), donde ocurre la digestión química, es el cuajar (abomaso). De las cuatro cavidades que posee el estómago de los rumiantes, solo el cuajar tiene histología estomacal y posee glándulas gástricas que secretan jugo gástrico.

Lumbreras Editores

Pregunta 9

Los rumiantes pueden degradar las fibras de celulosa porque

A) las mastican bien.
B) presentan válvula espiral.
C) presentan tiflosol.
D) tienen una flora microbiana celulolítica.
E) tienen estómago tetralocular.

Resolución

Los rumiantes no producen enzimas para digerir la celulosa. Las fibras de celulosa son degradadas por la flora microbiana que existe dentro de la panza y en el bonete. Esta flora es heredada por los rumiantes hijos.

Rpta. D

Pregunta 10

Los bivalvos o pelecípodos se caracterizan por que la captación de nutrientes se realiza por

A) filtración branquial.
B) absorción superficial.
C) endocitosis.
D) ingestión por el escólex.
E) digestión en proglótidos.

Resolución

Los pelecípodos o bivalvos (choros y conchas de abanico) realizan la filtración del agua que rodea su cuerpo con la finalidad el fitoplancton suspendido para su alimentación. Para ello hacen uso de sus branquias, órganos que además participan en la respiración externa.

Rpta. A

Pregunta 11

Señale los organismos cuyo sistema digestivo presenta ciegos gástricos.

A) anélidos
B) insectos
C) batracios
D) oligoquetos
E) platelmintos

Resolución

Los ciegos gástricos son estructuras diferenciadas del intestino medio de los insectos, cuya función principal es ampliar la superficie digestiva, aunque también cumplen la función de absorción. Los ciegos gástricos producen enzimas digestivas en los insectos.

Rpta. B

Pregunta 12

¿Qué animales presentan intestino con forma de "u"?

A) las tortugas
B) las palomas
C) los rumiantes
D) los tiburones
E) los caracoles

Resolución

Los caracoles de huertas se caracterizan por tener el intestino en forma de "u"; ello obedece a que en su desarrollo se produce la espiralización de la concha calcárea que repercute en la morfología del intestino. Asimismo, por el hecho de ser animales fitófagos, requieren de un tubo digestivo largo para digerir la materia vegetal.

Rpta. E

Lumbreras Editores

Pregunta 13

En las aves, la digestión química o verdadera es realizada por el

A) proventrículo.
B) ventrículo.
C) esófago.
D) buche.
E) intestino.

Resolución

En las aves, la digestión verdadera o química se inicia en el proventrículo (estómago anterior o glandular) por la secreción del jugo gástrico, rico en enzimas digestivas. Esta cámara se encuentra ubicada delante de la molleja.

Rpta. A

Pregunta 14

Las aves granívoras se caracterizan por que

A) presentan pico.
B) tienen visión lateral.
C) desarrollan el vuelo.
D) presentan buche pequeño.
E) presentan patas para el nado.

Resolución

Las aves que tienen buche lo usan principalmente para almacenar los alimentos, sin embargo las carnívoras presentan el buche pequeño porque su forma de alimentación no favorece el almacenamiento de alimentos, ya que la carne se descompone (pudre) rápidamente.

Rpta. D

Pregunta 15

Los falsos rumiantes, a diferencia de los rumiantes, carecen de

A) rumen.
B) bonete.
C) panza.
D) abomaso.
E) omaso.

Resolución

Los falsos rumiantes (llamas, alpacas, vicuñas, guanacos, dromedarios y bactrianos) son parientes cercanos de los rumiantes, por ello tienen en común tres cámaras: panza, bonete y cuajar, pero carecen de omaso (libro).

Rpta. E

Pregunta 16

Las bacterias presentes en la panza de los rumiantes tienen nutrición

A) parasítica.
B) simbiótica.
C) holozoica.
D) quimiosintética.
E) fotosintética.

Resolución

Las bacterias de la panza de los rumiantes son organismos simbiontes, puesto que obtienen beneficio mutuo e indispensable en su relación con estos animales. Al igual que el resto de bacterias, realizan lisotrofía porque liberan enzimas digestivas que actúan sobre materia vegetal muerta que el hospedador ha masticado previamente.

Rpta. B

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Señale los animales que carecen de sistema digestivo.

A) malaguas
B) lombrices intestinales
C) esponjas de mar
D) pulgas
E) insectos hematófagos

2. En los animales, el sistema digestivo más simple se presenta en

A) nematodos y anélidos.
B) celentéreos y gusanos planos.
C) insectos y lombrices intestinales.
D) moluscos y equinodermos.
E) arácnidos y vertebrados.

3. Los gusanos hematófagos que presentan glándulas salivales con los que secretan el anticoagulante hirudina se denominan

A) oxiuros.
B) tenias.
C) lombrices de tierra.
D) duelas hepáticas.
E) sanguijuelas.

4. La estructura exclusiva de los moluscos, constituida por una larga cinta equipada con muchas filas de dientes quitinosos recurvados, se denomina

A) linterna de Aristóteles.
B) ranfoteca.
C) pico córneo.
D) tiflosol.
E) rádula.

5. Debido al giro que tiene su concha, los caracoles presentan un sistema digestivo con

A) rádula.
B) buche.
C) intestino en "u".
D) intestino en espiral.
E) tiflosol.

6. ¿Cuál es la estructura típica de los anélidos que les permite aumentar la superficie de absorción intestinal?

A) el hepatopáncreas
B) los ciegos gástricos
C) el buche
D) los ciegos cólicos
E) el tiflosol

7. En los gusanos detritófagos, como la lombriz de tierra, el exceso de calcio en forma de cristales se excreta por

A) el buche.
B) la molleja.
C) el vaso dorsal.
D) los metanefridios.
E) las glándulas calcíferas.

8. Las tenias han evolucionado con pérdida de su sistema digestivo. En estos animales la captación de nutrientes se realiza por

A) absorción superficial.
B) ingestión por el escólex.
C) digestión en proglótidos.
D) filtración por las ventosas.
E) endocitosis por el rostelo.

Lumbreras Editores

9. Señale los organismos cuyo sistema digestivo presenta glándulas salivales y ciegos gástricos.

A) aves
B) anélidos
C) insectos
D) condrícties
E) mamíferos

10. La rádula es una lengua quitinosa característica de los moluscos, sin embargo algunos carecen de ella, por lo que son filtradores; tal es el caso de los

A) cefalópodos.
B) gasterópodos.
C) lamelibranquios.
D) caracoles terrestres.
E) caracoles acuáticos.

11. ¿Qué animales presentan un intestino con pliegues en espiral que aumenta la superficie absorbente?

A) las tortugas
B) las palomas
C) los rumiantes
D) los tiburones
E) los caracoles

12. En los animales, la digestión intracelular de los alimentos se presenta en los más simples, como

A) los sapos.
B) las malaguas.
C) los zancudos.
D) las pulgas de agua.
E) las esponjas de agua dulce.

13. En aves granívoras, la "digestión mecánica o física" es realizada por el

A) buche.
B) esófago.
C) intestino.
D) ventrículo.
E) proventrículo.

14. El hueso cuadrado permite la dilatación vertical de las mandíbulas en

A) las serpientes.
B) los peces abisales.
C) las aves carenadas.
D) los anfibios anuros.
E) los mamíferos rumiantes.

15. Las aves almacenan los alimentos en ..... y los rumiantes en .....

A) el libro - la molleja.
B) el buche - el bonete.
C) la redecilla - el omaso.
D) el proventrículo - el cuajar.
E) el buche - el rumen.

16. En los rumiantes, la cavidad estomacal que secreta enzimas digestivas y ácido clorhídrico se denomina

A) panza.
B) bonete.
C) omaso.
D) rumen.
E) abomaso.

17. Los organismos con digestión intracelular y extracelular son

A) las amebas
B) los ciliados
C) los poríferos
D) las bacterias
E) los celentéreos

Lumbreras Editores

18. En la evolución de los sistemas digestivos, los órganos productores de enzimas digestivas surgen en los

A) reptiles.
B) escifozoos.
C) artrópodos.
D) equinoideos.
E) gasterópodos.

19. Señale qué animales son carnívoros, tienen probóscide y tubo digestivo incompleto.

A) caracoles de huertas
B) calamares gigantes
C) hormigas
D) planarias de agua dulce
E) medusas del atlántico

20. Las aves granívoras, incapaces de masticar, tragan piedras que les permiten triturar las semillas en

A) el buche.
B) la ranfoteca.
C) el proventrículo.
D) los ciegos pilóricos.
E) el estómago posterior.

21. El buche o ingluvio de las aves almacena temporalmente el alimento. Este órgano se forma por dilatación

A) de la faringe.
B) del esófago.
C) del estómago.
D) del intestino.
E) de la cloaca.

22. El ornitorrinco y el equidna son mamíferos cloacados con pico en vez de hocico, y se clasifican como

A) marsupiales.
B) monotremas.
C) placentarios.
D) euterios.
E) metaterios.

23. Los rumiantes presentan un estómago tetralocular. Las cavidades que actúan como almacén temporal de alimentos sólidos son

A) la panza y el bonete.
B) el libro y el cuajar.
C) el bonete y el libro.
D) la panza y cuajar.
E) el omaso y la panza.

24. La estructura digestiva que caracteriza a los erizos de mar se denomina

A) esófago largo.
B) hepatopáncreas.
C) palpos dentales.
D) ciegos gástricos.
E) linterna de Aristóteles.

Lumbreras Editores

Ricardo Max Paredes Quinteros

twitter.com/calapenshko

Capítulo XVIII

Intercambio gaseoso

Objetivos

- Conocer la estructura y fisiología del sistema respiratorio de los animales.
- Analizar las adaptaciones al medio del sistema respiratorio de los principales *filo* animales.

Introducción

La respiración es una de las funciones de nutrición más importantes de un animal, porque permite tanto la oxigenación del cuerpo como la excreción del dióxido de carbono.

El sistema respiratorio permite que el animal capture el oxígeno molecular, que será utilizado más adelante por las células como aceptor final de electrones en la producción de ATP (durante la fosforilación oxidativa de la respiración celular). El porqué los animales utilizan el oxígeno radica en su poder reductor y su alto potencial electronegativo, esto induce a que la cadena respiratoria transporte a mayor velocidad los electrones y, por consiguiente, se eleve la producción de ATP. De manera que el oxígeno representa para el animal una sustancia indispensable en la obtención de energía para sus funciones vitales.

Los animales acuáticos han desarrollado órganos respiratorios muy eficientes para capturar el escaso oxígeno que existe en su medio, que es menor al 1% (a lo más 0,7%). De otro lado, los animales que viven en el medio aéreo encuentran una mejor fuente de oxígeno, ya que la atmósfera aproximadamente contiene 21% de oxígeno.

Son escasos los animales que viven en condiciones anaeróbicas, por ejemplo, los parásitos intestinales y los gusanos que habitan el lodo y fondo de medios acuáticos. En ellos, la respiración anaeróbica, sin la participación del oxígeno, generalmente les provee todo el ATP que necesitan.

De otro lado, mediante el sistema respiratorio el animal elimina el dióxido de carbono, una sustancia que en exceso resulta tóxica para el organismo animal. El CO_2 en el fluido circulatorio de los vertebrados reacciona con el agua, proceso catalizado por la enzima anhidrasa carbónica, dando origen al ácido carbónico, lo que puede llevar a una acidosis respiratoria para el animal.

1. Definición

Es un conjunto de órganos encargados de la captura de oxígeno del medio y la eliminación del dióxido de carbono. La función principal del sistema respiratorio es la de capturar el oxígeno molecular del medio aéreo o del medio acuático donde se encuentra disuelto en agua.

2. Tipos de respiración

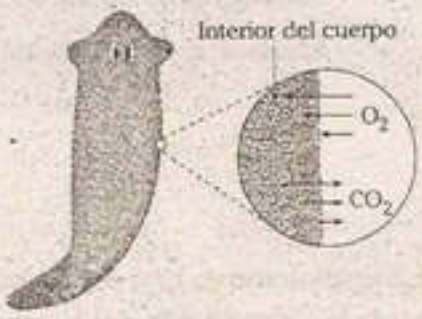
En los animales encontramos dos tipos de respiración: directa e indirecta.

2.1. Respiración directa

Se da cuando el intercambio de gases se realiza directamente entre el medioambiente y las células del organismo, sin la intervención de un órgano respiratorio especializado.

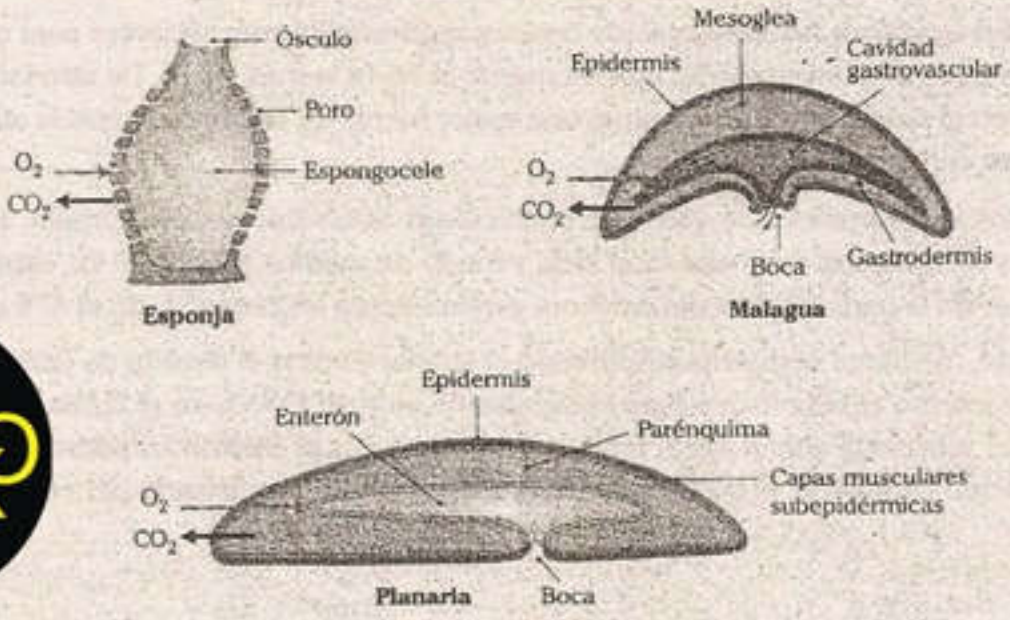
Debido a que en el medio externo la concentración de oxígeno es mayor que en el medio interno, este gas ingresa por simple difusión, es decir, de una zona de mayor concentración a otra de menor concentración. Asimismo, debido a que el dióxido de carbono se encuentra en mayor concentración en las células del animal, este sale por difusión hacia el medio externo.

Respiración de una planaria



La respiración directa se presenta en los animales poríferos, celentéreos, platelmintos y nematodos. Todos ellos carecen de celoma y sistema circulatorio, además sus cuerpos poseen una pared corporal muy permeable y generalmente muy delgada, lo que favorece el fenómeno de difusión de gases.

Respiración directa en acelomados



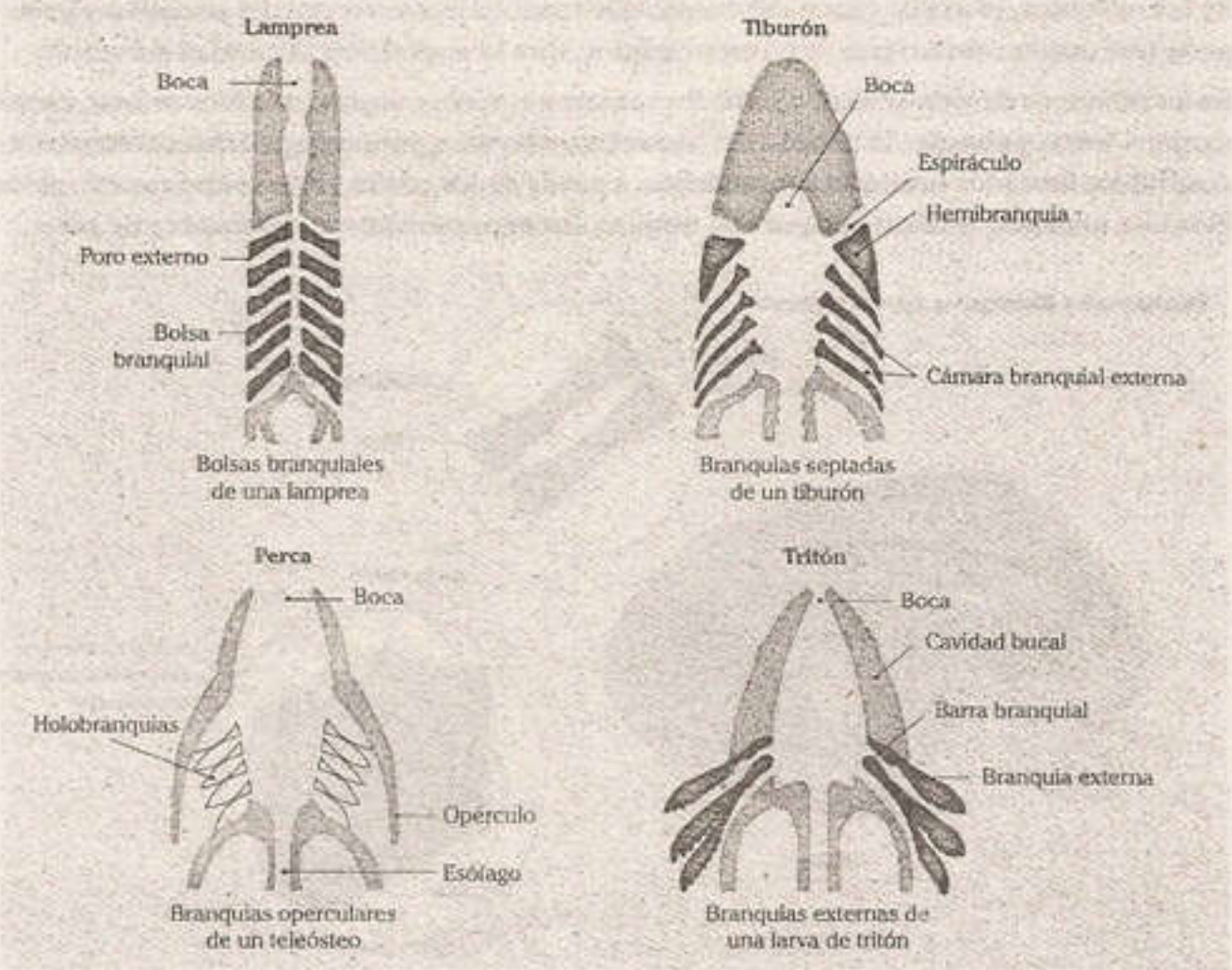
2.2. RESPIRACIÓN INDIRECTA

Es característico en animales de gran tamaño, todos ellos triploblásticos y celomados, quienes requieren órganos respiratorios altamente especializados, capaces de captar el oxígeno molecular desde el medio ambiente hacia el sistema circulatorio y eliminar el dióxido de carbono desde el sistema circulatorio hacia el ambiente.

Todo **órgano respiratorio** presenta tres características principales: están revestidos por un epitelio delgado monoestratificado, que favorece la difusión de gases; el epitelio está muy vascularizado, porque está irrigados por el sistema circulatorio (a excepción de las tráqueas quitinosas de los insectos que carecen de vascularización); y son órganos muy húmedos, poseen una capa humectante que favorece la captura de gases.

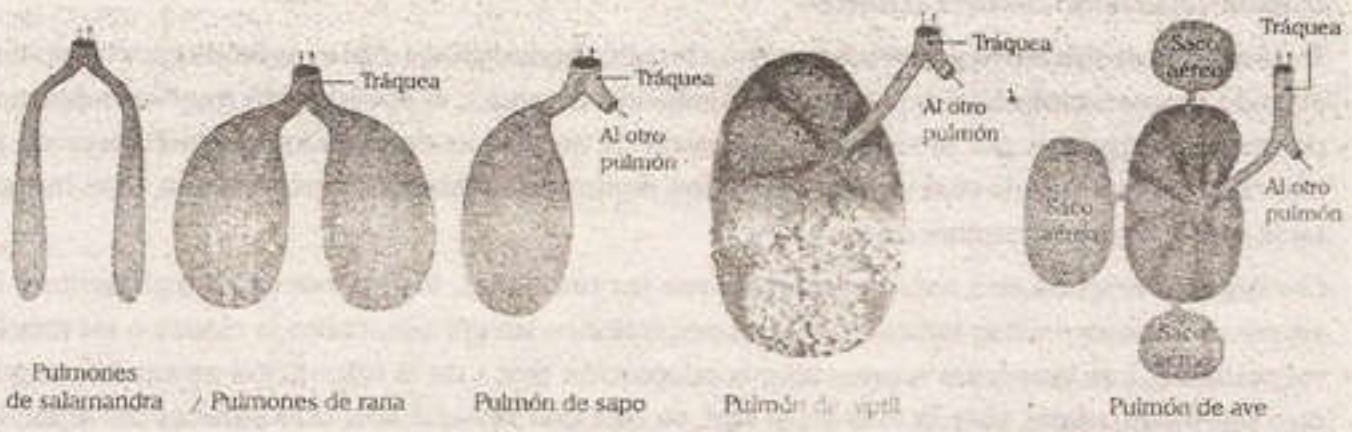
Los órganos respiratorios más importantes son las branquias, los pulmones, el tegumento y las tráqueas. Aunque existen también órganos respiratorios sui géneris, como la cloaca o los árboles respiratorios. Las branquias representan la adaptación típica de la respiración en medios acuáticos, son inadecuadas para la vida en el aire, ya que una vez que han sido sacadas del agua, los filamentos branquiales se doblan y se pegan entre sí debido al viento y a la radiación solar. Según su posición, las branquias pueden ser internas o externas.

Tipos de branquias



Los pulmones son estructuras especialmente adaptadas al medio terrestre y a la respiración aérea. Se trata de cámaras cuyas paredes pueden tolerar la presión atmosférica. Sin embargo, generalmente no pueden ser usadas bajo el agua porque revientan cuando se llenan de agua.

Tipos de pulmones



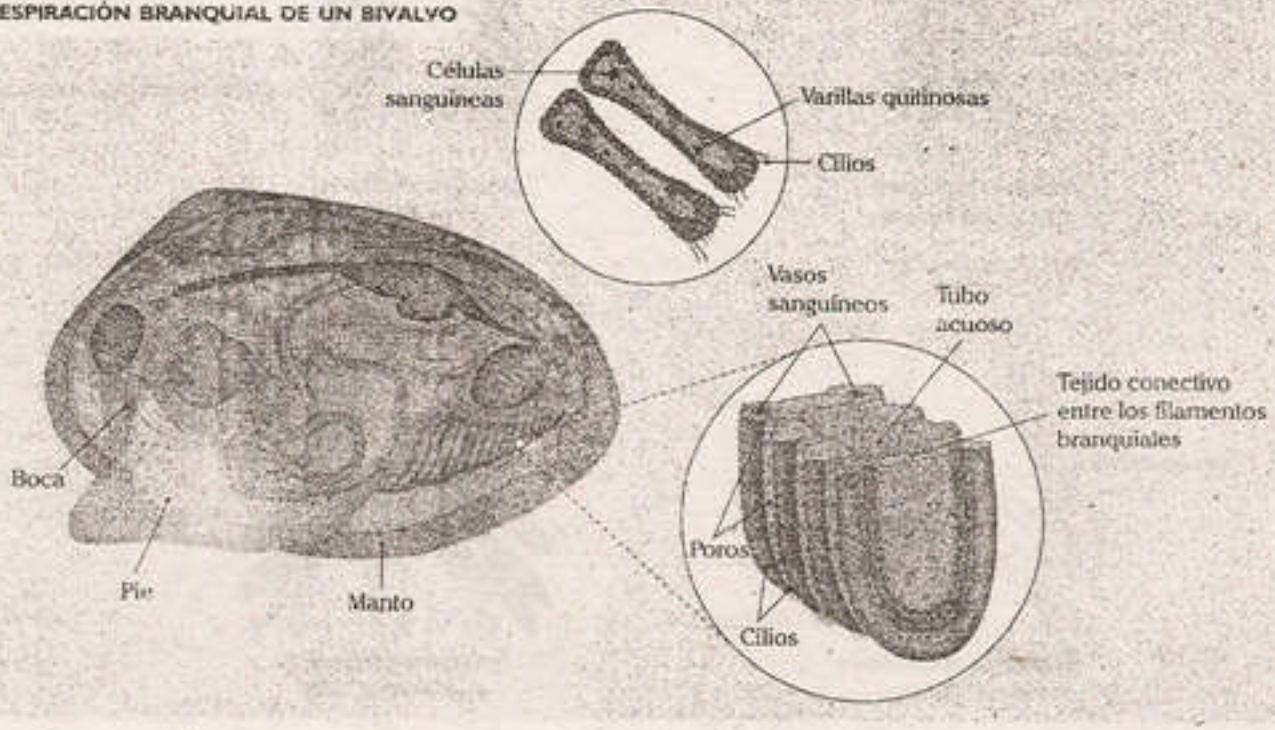
3▸ Respiración indirecta en animales celomados

3.1. Moluscos

En los moluscos, el manto (parte del cuerpo que cubre la masa visceral del animal) presenta una parte (del manto interno) que se ha especializado para la respiración: la cavidad del manto.

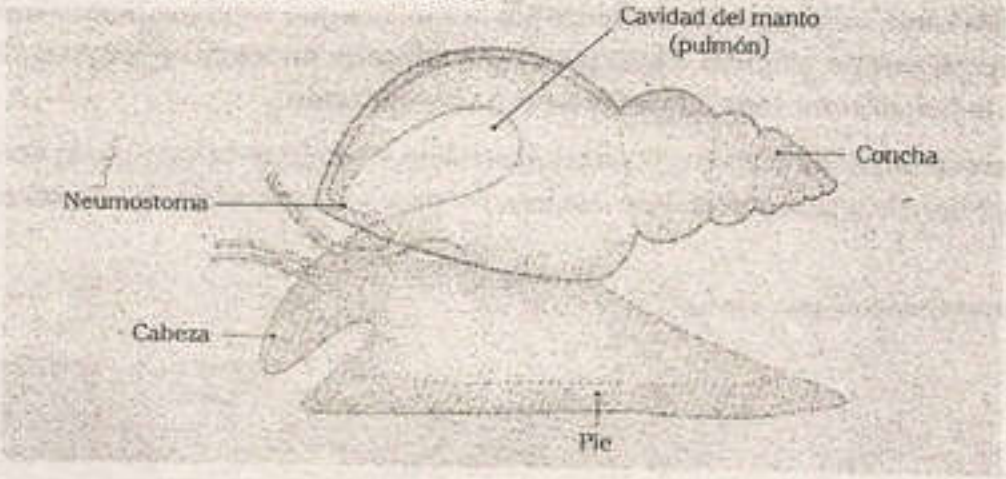
En los moluscos de vida acuática, como los calamares, pulpos, sepias, colmillos de mar, caracoles marinos, ostras y almejas, la cavidad del manto presenta unos pliegues epidérmicos altamente vascularizados llamados **branquias o ctenidios**, a través de los cuales se da el intercambio gaseoso. El manto mantiene un flujo de agua con oxígeno disuelto, mediante el movimiento de cilios.

Respiración branquial de un bivalvo



De otro lado, en los caracoles terrestres y las babosas (gasterópodos) la cavidad del manto (llamada también cavidad paleal) está totalmente vascularizada y convertida en un **pulmón**, que se comunica con el exterior por medio de una abertura llamada **neumostoma**, ubicada anteriormente en el borde de la concha, justo detrás de la cabeza y al costado del ano.

SISTEMA RESPIRATORIO DE UN CARACOL



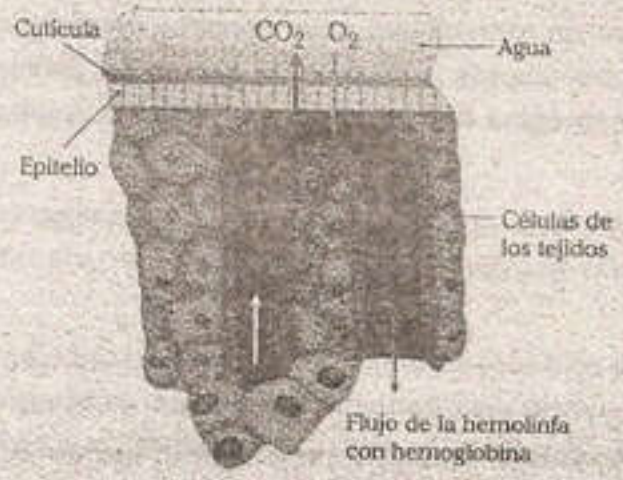
3.2. ANÉLIDOS

La respiración se realiza por medio de la superficie de su cuerpo o de extensiones de este que se encuentren altamente vascularizadas y humedecidas.

En los anélidos marinos se le suele llamar **branquias externas** a diversas extensiones de la superficie corporal altamente vascularizadas, tales como los parapodios, las radiolas y los tentáculos.

En los anélidos terrestres, como la lombriz de tierra, el intercambio de gases tiene lugar a través de la superficie del cuerpo, la que observamos muy roja por su elevada vascularización y muy humedecida con moco, por eso se dice que tiene **respiración cutánea**.

RESPIRACIÓN CUTÁNEA DE UNA LOMBRIZ DE TIERRA



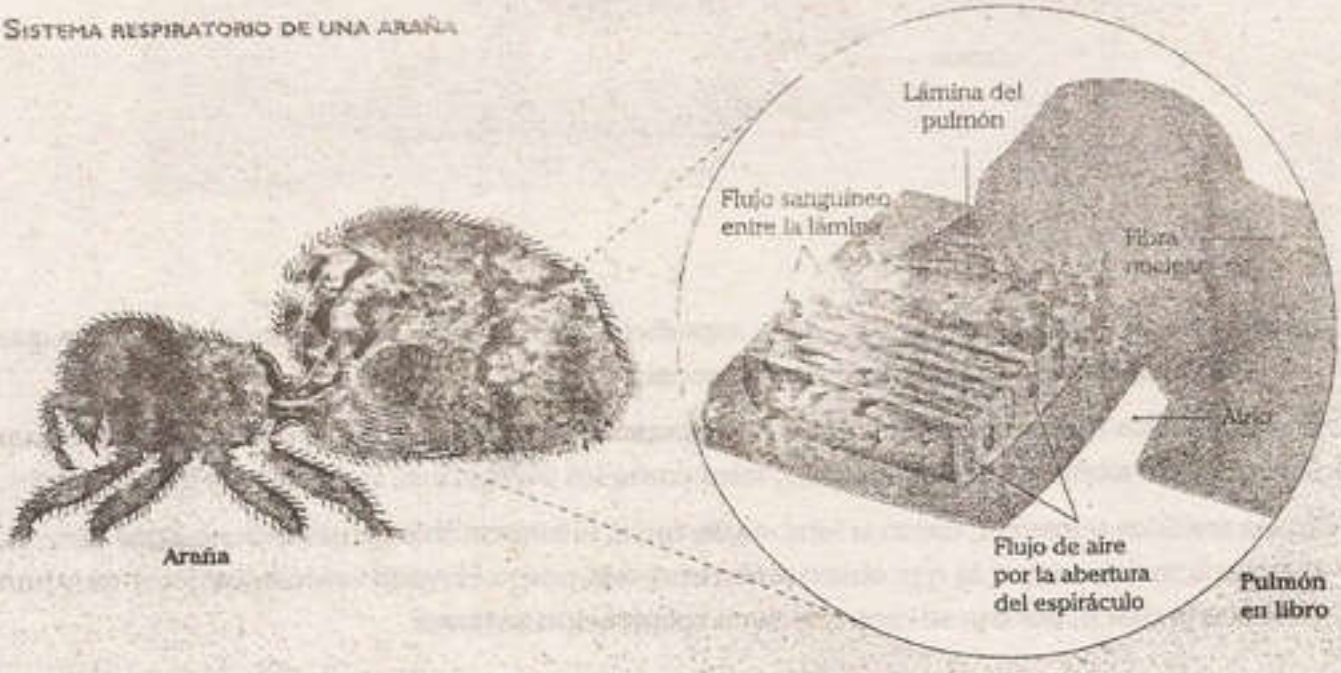
3.3. ARÁCNIDOS

Los arácnidos pequeños respiran por medio de **tráqueas quitinosas** cuyo funcionamiento es igual que en los insectos. Estos arácnidos carecen de pigmentos respiratorios. Sin embargo, la mayoría de arácnidos respira principalmente por hasta cuatro pares de **pulmones en libro** o **filotráqueas**.

Cada pulmón en libro es una cámara abdominal ventral que está constituida por una serie de finas **lamelas quitinosas**, irrigadas internamente por hemolinfa que contiene hemocianina, metaloproteína transportadora de oxígeno. Estas lamelas quitinosas semejan las páginas de un libro y se encuentran separadas por septos que favorecen su ventilación.

El aire ingresa al pulmón en libro por un fenómeno de succión generado por la contracción de un músculo que tira de la pared dorsal de la cámara y provoca la abertura del **espiráculo**.

SISTEMA RESPIRATORIO DE UNA ARAÑA



3.4. INSECTOS

En los insectos, el tegumento se ha convertido en un exoesqueleto que contiene quitina y esclerotina, a los que se suma una epicutícula cérea que impide la difusión de gases y los protege de la deshidratación. Sin embargo, el tegumento se invagina dando origen a un sistema respiratorio llamado **sistema traqueal**.

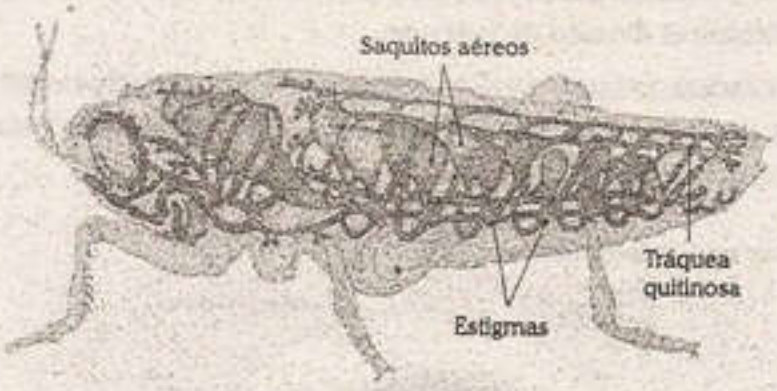
Este sistema se relaciona con el exterior por medio de unas aberturas denominadas estigmas, que se localizan tanto en el tórax como en el abdomen y se disponen por pares de acuerdo a la simetría bilateral del animal.

Los estigmas se conectan a dos tubos quitinosos anillados longitudinales denominados **tráqueas**, forman ramificaciones distribuidas por todo el cuerpo denominadas **traqueolas**. Justamente las traqueolas son tubitos de 0,1 micras de diámetro, de pared muy delgada y humedecida, a través de los que se da el intercambio gaseoso respiratorio con las células del cuerpo.

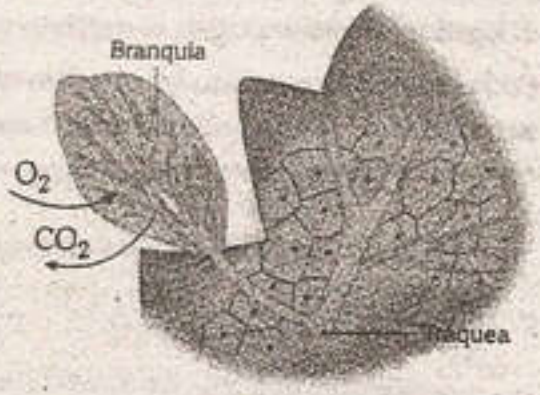
En el sistema traqueal también se pueden encontrar los **saquitos aéreos**, que pueden inflarse y aligerar el peso del insecto favoreciendo su vuelo.

Las larvas de algunos insectos, como las náyades de las libélulas, han desarrollado las **traqueobranquias** abdominales. Las branquias son excrecencias externas que contienen numerosas tráqueas que intercambian gases con el agua a través de la fina cutícula de las branquias, luego el oxígeno se difunde a través del sistema traqueal interno.

SISTEMA RESPIRATORIO DE UN SALTAMONTE



TRAQUEOBRANQUIA DE UNA NÁYADE



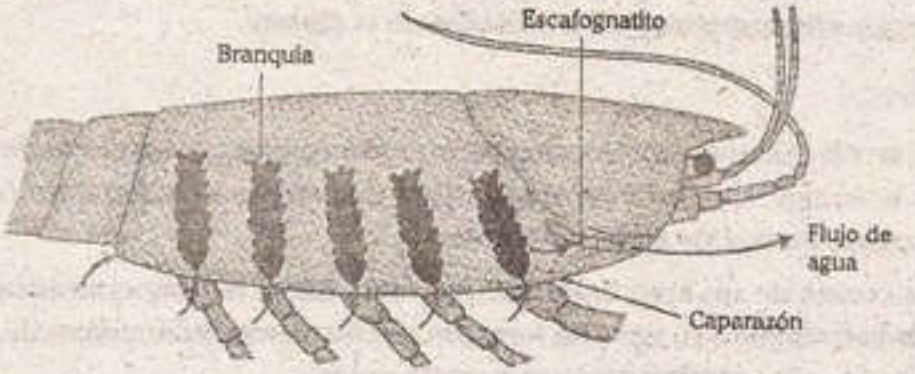
3.5. CRUSTÁCEOS

Son esencialmente artrópodos acuáticos y utilizan **branquias internas** ubicadas en cámaras laterales del cefalotórax para respirar. Las branquias se encuentran asociadas a apéndices corporales, exhiben gran variación de forma, ubicación y origen.

Los malacostráceos, grupo que incluye a los cangrejos, camarones y langostinos, tienen desde 4 hasta 24 pares de branquias que surgen de la pared corporal, sobre el lugar de inserción del apéndice o cerca de él. Sus branquias están irrigadas por hemolinfa, rica en **hemocianina**.

La ventilación de las branquias se da por acción del **escafognatito**, una proyección de la segunda maxila. El escafognatito tiene forma de remo, cuando entra en funcionamiento succiona el agua hacia delante, esta ingresa por cualquier punto de los bordes posteroventrales del caparazón y la corriente exhalante fluye hacia fuera por delante del cefalotórax.

SISTEMA RESPIRATORIO DE UN CANGREJO DE RÍO



3.6 EQUINODERMOS

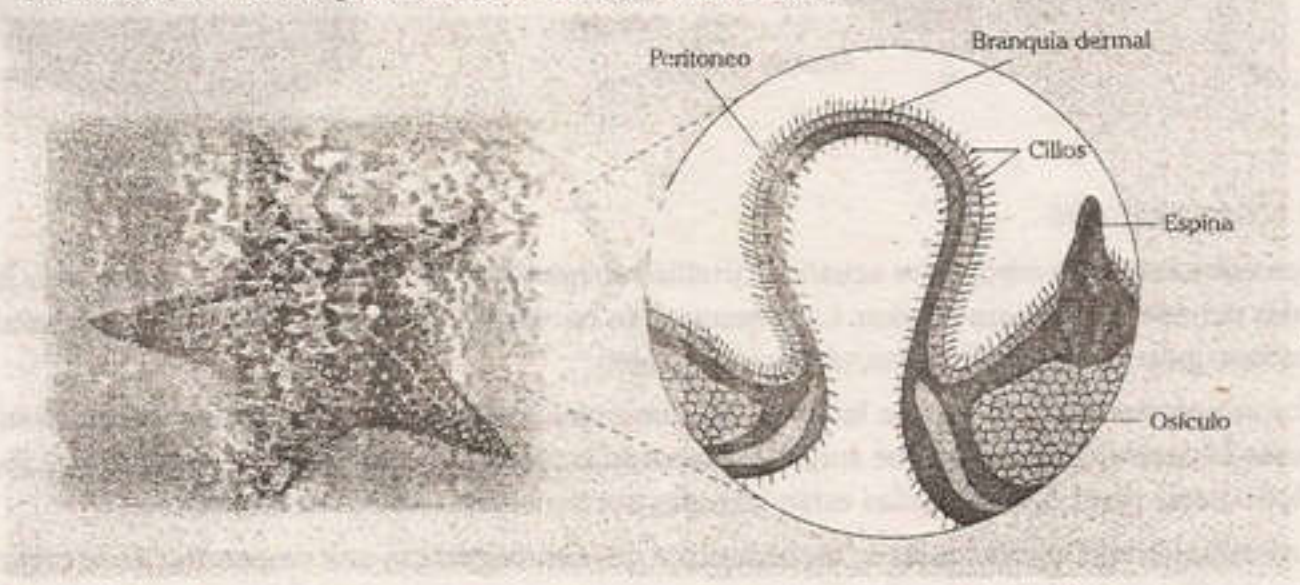
La respiración de los equinodermos es muy variable de un grupo a otro debido a que evolucionó de manera independiente en cada clase.

En los asteroideos, como las estrellas de mar, la respiración se da por medio de las **pápulas** o **branquias dermales** y de sus **pies ambulacrales**.

Cada **pápula** posee una fina **superficie ciliada** que genera una corriente de agua de mar. Internamente, cada pápula está tapizada por el **peritoneo ciliado**, que también genera una corriente que favorece el flujo del líquido celómico. El intercambio gaseoso se da por el mecanismo de difusión, el **líquido celómico** capta el oxígeno y elimina el dióxido de carbono.

En los ofiuroideos, como las estrellas quebradizas, el intercambio gaseoso se da por medio de diez **sacos bursales** (llamados también sacos internos o senos sacciformes). La ventilación de estas cámaras se da por movimiento ciliar o por succión.

ESTRUCTURA DE LAS BRANQUIAS DERMALES DE UNA ESTRELLA DE MAR



En los equinoideos, como los erizos de mar, la respiración principalmente se da en cinco pares de **branquias peristomales**, a los que se suma la respiración por medio de los pies ambulacrales. En las galletas de mar la respiración solo se da por medio de los pies ambulacrales.

En los holoturoideos, como los pepinos de mar, la respiración se da principalmente en los **árboles respiratorios**, que son proyecciones ramificadas de la cloaca.

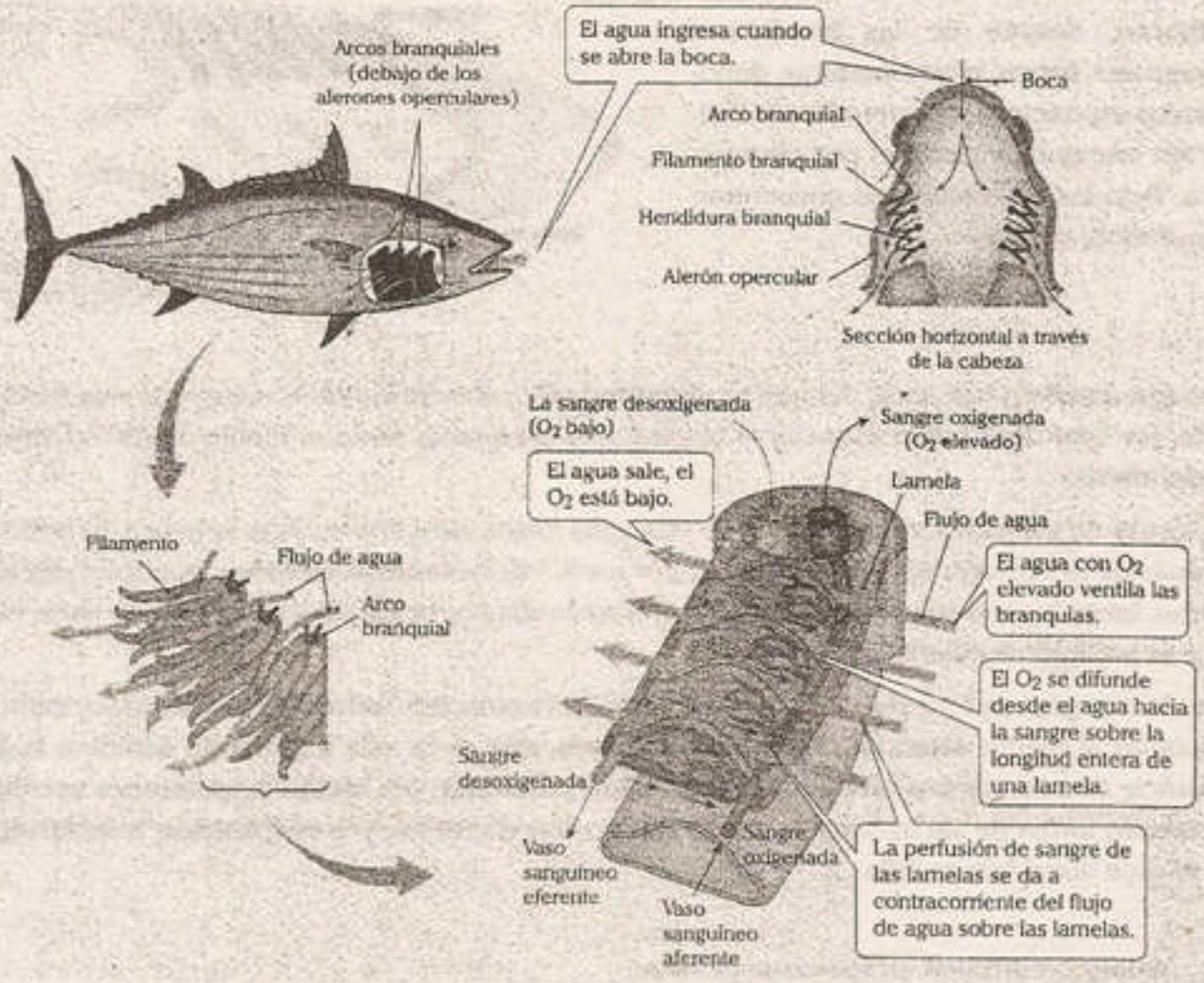
3.7 PECES ÓSEOS

La respiración se efectúa mediante cuatro pares de **branquias sanguíneas faríngeas internas**, localizadas en la faringe, que están protegidas por unas tapas de naturaleza ósea denominadas **opérculos**, y sostenidas por los arcos branquiales.

Cada branquia consta de un arco branquial, con una hilera de branquiespinas y dos laminillas branquiales. Cada laminilla a su vez está formada por filamentos branquiales de color rojo, debido a la presencia de muchos capilares irrigados por la sangre.

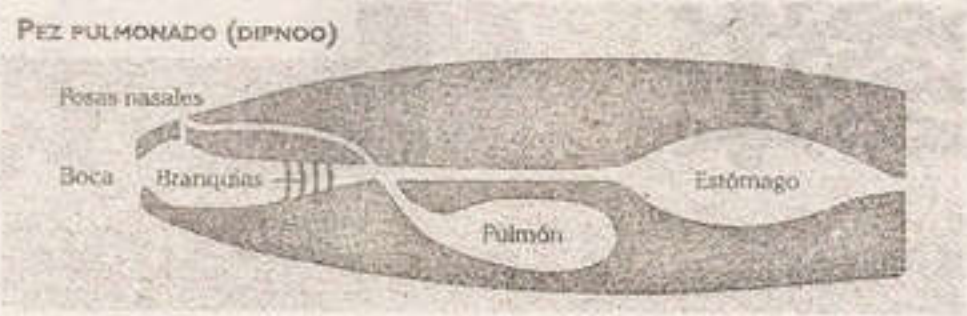
Dentro de cada filamento branquial el flujo sanguíneo es opuesto al flujo de agua exterior, fenómeno llamado **flujo de contracorriente**, que otorga a las branquias una gran eficiencia de intercambio gaseoso. Un pez fuera del agua se asfixia rápidamente a pesar de la abundancia de oxígeno a su alrededor, porque no operaría este flujo. Además, la amplia superficie branquial favorecería la pérdida de agua y el colapso branquial.

RESPIRACIÓN BRANQUIAL EN UN PEZ ÓSEO



Un grupo de peces denominados **dipnoos**, como los paiches, poseen tanto la respiración branquial como la pulmonar. Respiran por medio de branquias cuando su medio acuático es rico en oxígeno, y por pulmones cuando hay escasez de oxígeno disuelto en el agua.

PEZ PULMONADO (DIPNOO)



Presentan cinco pares de branquias faríngeas sanguíneas ubicadas en el interior de hendiduras branquiales. A diferencia de los peces óseos carecen de opérculos.

Cada branquia de un pez cartilaginoso consta de un arco branquial con branquiespinas y solo una laminilla branquial.

Asimismo, delante de las hendiduras branquiales tienen unas aberturas denominadas espiráculos, que permiten la ventilación branquial cuando el pez cierra la boca. Bajo los espiráculos se encuentran las pseudobranquias.

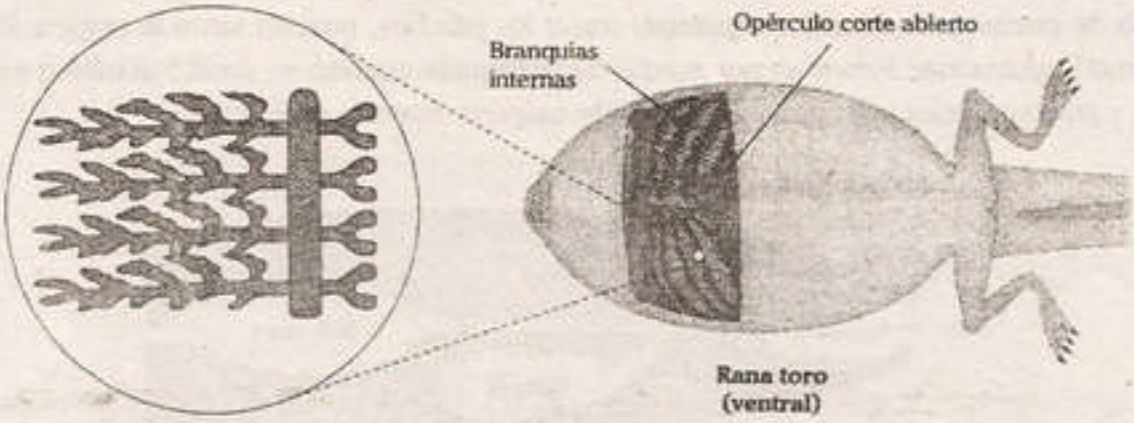
SISTEMA RESPIRATORIO DE UN TIBURÓN

Llamados también batracios, durante su metamorfosis pasan de la vida acuática a la vida terrestre, razón por cual desarrollan estructuras respiratorias adaptadas tanto al medio acuático, como al medio aéreo.

Las larvas de los sapos y ranas son llamadas renacuajos debido a su vida acuática, al sexto día después de la eclosión del huevo respiran por medio de branquias **externas** que sobresalen del cuerpo, luego las pierden y las reemplazan al noveno día por **branquias internas** que hacia el día doce se protegen mediante opérculos.

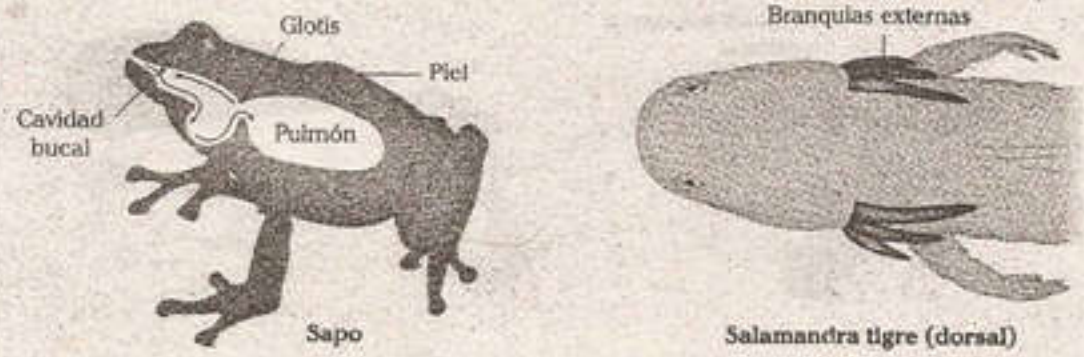
Cuando cumplen tres meses de vida han desarrollado otras tres formas novedosas de respiración adaptadas al medio aéreo: la **respiración cutánea**, que es la más importante debido a la gran superficie de intercambio gaseoso; la **respiración pulmonar**, por medio de **pulmones saculares** que tienen forma de sacos simples por lo que no son eficientes; y la **respiración bucofaríngea**, por el saco bucal que se infla.

BRANQUIAS INTERNAS UN RENACUAJO DE RANA



Los ajolotes (larvas de las salamandras) respiran por medio de branquias externas. Cuando llegan a adultas, algunas salamandras desarrollan pulmones pero mantienen las branquias externas o internas.

ÓRGANOS RESPIRATORIOS DE LOS ANFIBIOS



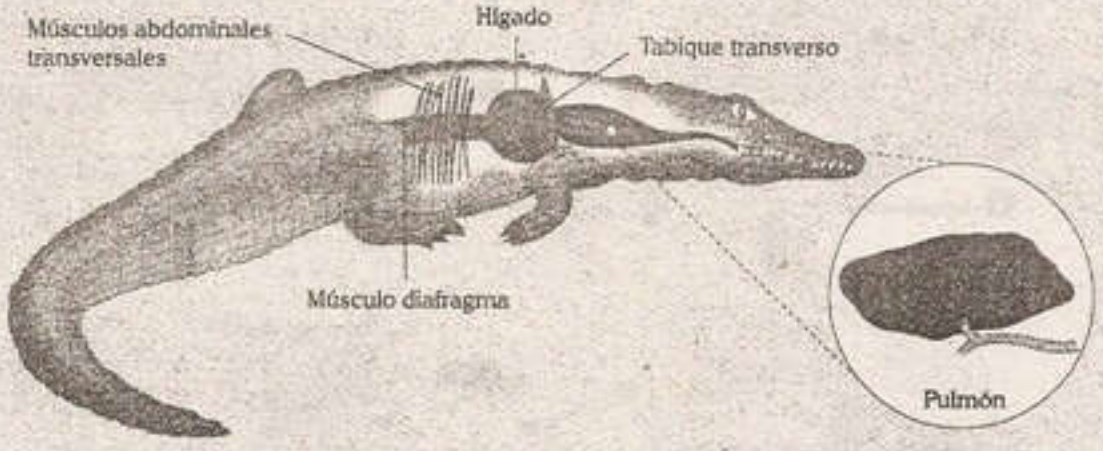
3.10. REPTILES

Su respiración es pulmonar. Los pulmones de los reptiles son **lobulados y tabicados**, presentan tabiques o septos internos altamente vascularizados que ofrecen una mayor superficie de intercambio gaseoso. Los tabiques delimitan las unidades anatomo funcionales del pulmón denominadas **faveolos**.

Otras características de este sistema respiratorio son la presencia de una **larga tráquea** que se conecta a un ramificado **árbol bronquial** y un nuevo mecanismo de **ventilación pulmonar por presión negativa**.

La **presión negativa** es una fuerza de succión generada por la acción de músculos de inspiración. En los cocodrilos estos músculos son el diafragmático, que retrae el hígado, y el tabique transverso, aumentando la cavidad torácica; mientras que en las tortugas el músculo oblicuo amplifica toda la cavidad celómica.

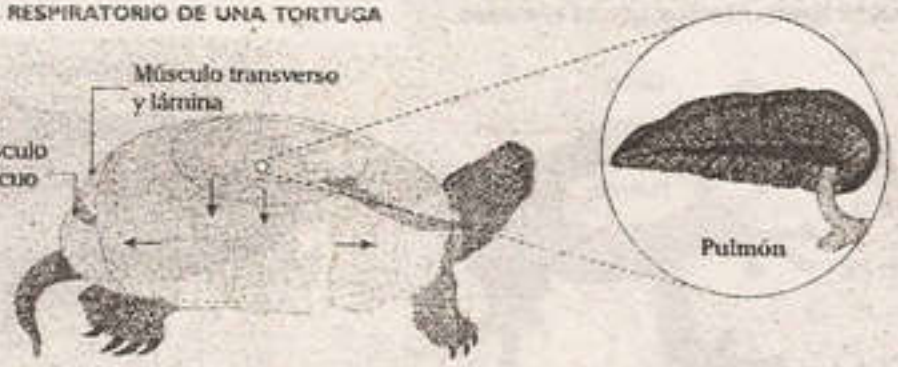
SISTEMA RESPIRATORIO DE UN ALIGATOR



Los ofidios, como las serpientes y culebras, solo desarrollan el **pulmón derecho**, el izquierdo está atrofiado.

Las tortugas marinas, además de respiración pulmonar, presentan la **respiración cloacal**. Esta es una adaptación para tolerar la falta de aire durante la inmersión y constituye un mecanismo accesorio de respiración en el agua.

SISTEMA RESPIRATORIO DE UNA TORTUGA

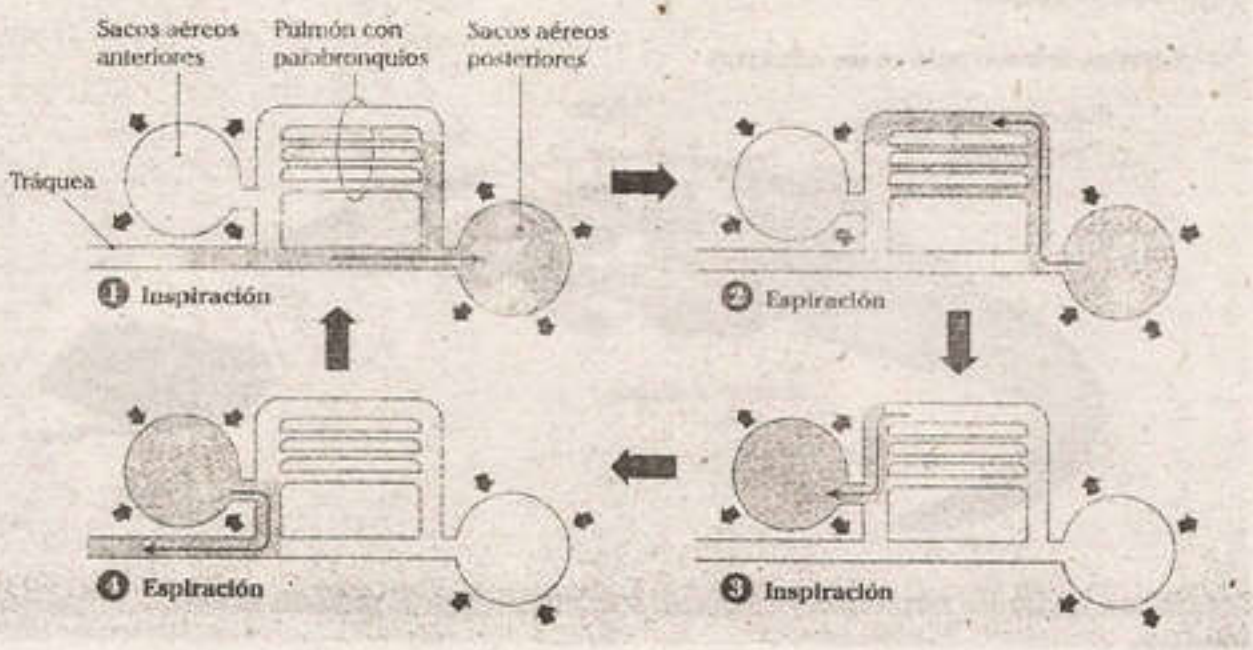


3.11. AVES

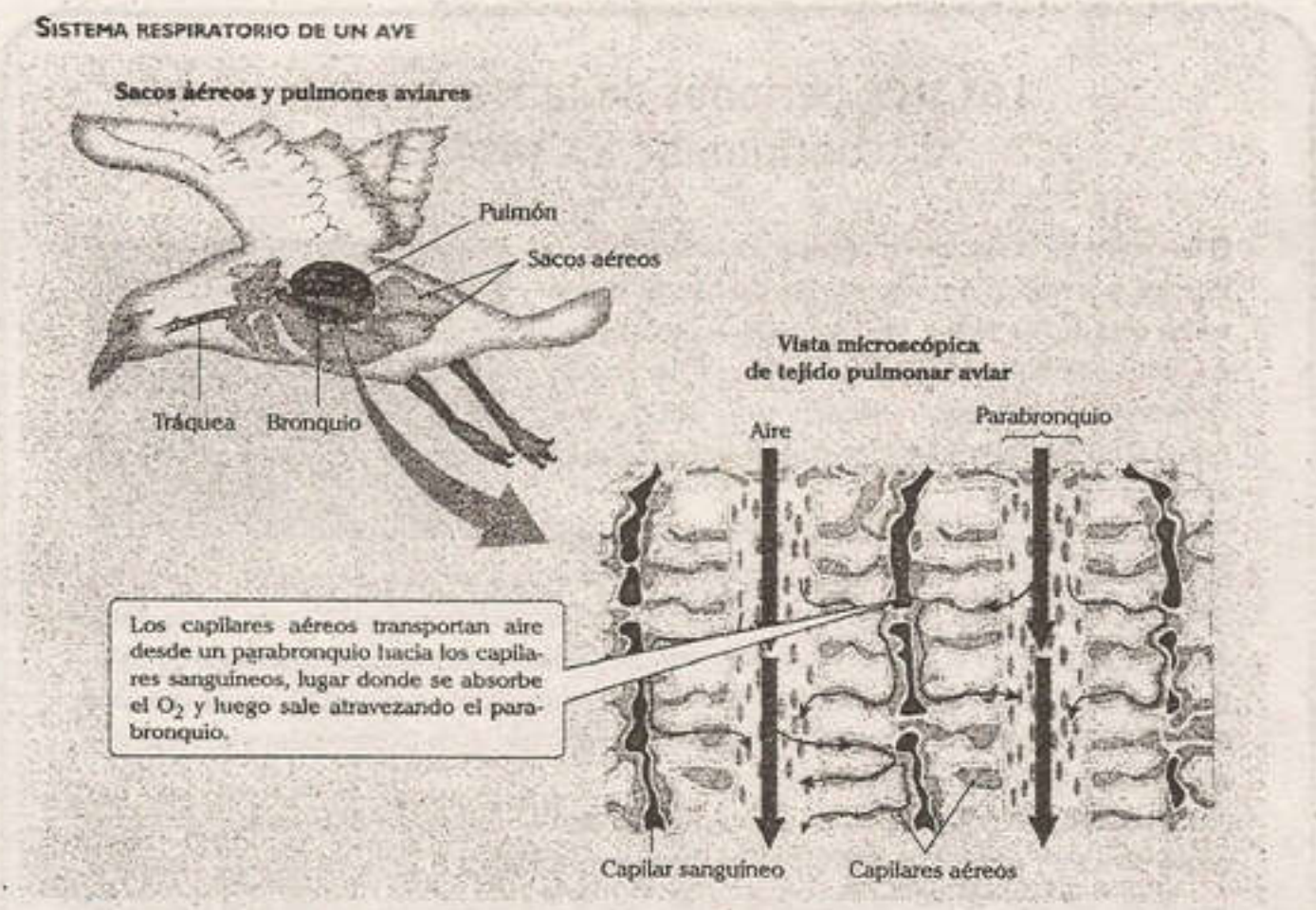
El intercambio gaseoso se realiza mediante dos **pulmones pequeños** pero muy eficientes, que están conectados a nueve **sacos aéreos**. Además poseen una **larga tráquea** (como herencia de sus ancestros los dinosaurios) que llega hasta la base del cuello, donde ubicamos a la **siringe**, el órgano que participa en el canto de las aves. En el ciclo respiratorio de las aves hay cuatro etapas: **primera inhalación:** el aire fluye a través de la tráquea y bronquios, y entra a los sacos aéreos posteriores; **primera exhalación:** el aire se mueve de los sacos aéreos posteriores a los pulmones; **segunda inhalación:** el aire se mueve de los pulmones a los sacos aéreos anteriores; y **segunda exhalación:** el aire se mueve de los sacos aéreos anteriores a la tráquea y sale.

En los pulmones se encuentran los **capilares aéreos** que realizan la hematosis, es decir, el intercambio gaseoso con los capilares sanguíneos.

FISIOLOGÍA DE LOS PULMONES DE LAS AVES



Los sacos aéreos de los pulmones de las aves, además de participar activamente en el proceso de ventilación pulmonar, también actúan como cámaras refrigerantes, disminuyendo el calor corporal.



3.12. MAMÍFEROS

Todos presentan respiración pulmonar, inclusive los acuáticos como los cetáceos (ballenas, delfines).

Poseen pulmones lobulados que se encuentran en la cavidad torácica. Los lóbulos pulmonares se dividen en lobulillos pulmonares y dentro de estos encontramos a las unidades funcionales del pulmón, los alvéolos pulmonares. El intercambio de gases (hematosis) se realiza en los pulmones a nivel de los alvéolos, que están rodeados de capilares sanguíneos.

El principal músculo de ventilación pulmonar normal es el **diafragma**. En la inspiración forzada también participa el esternocleidomastoideo, los pectorales y los intercostales externos. En la espiración forzada destaca la acción de los músculos intercostales internos.

La emisión de sonidos es posible por la presencia de cuerdas vocales que se ubican en la **laringe**.

Referencias bibliográficas

- HILL, Richard. *Fisiología animal comparada*. Barcelona: Editorial Reverté, 1980.
- JESSOP, Nancy. *Zoología: vertebrados*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 1991.

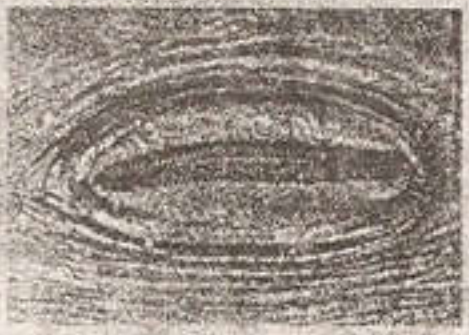
LECTURA

Los tres periodos de la respiración discontinua de los insectos

El fenómeno de la respiración discontinua, descubierto en insectos a principios del siglo XX, fue descrito en detalle en las décadas de 1950 y 1960 en trabajos realizados en los Estados Unidos, con pupas de mariposas, por Howard Schneiderman y sus colaboradores. En términos generales, puede afirmarse que la respiración discontinua se realiza en tres fases o periodos.

Un **periodo C** (por *closed*, cerrado), cuando los espiráculos se hallan cerrados y no se produce intercambio de gases entre el animal y la atmósfera. Durante esa fase el insecto consume O_2 de las tráqueas y la respiración celular produce CO_2 que es absorbido (*buffered*) en parte por el bicarbonato y las proteínas de la hemolinfa (el líquido circulatorio de los insectos, análogo a la sangre de los vertebrados). En tales circunstancias, el gas CO_2 resulta removido pero no reemplazado, con lo que en las tráqueas la presión parcial de O_2 disminuye y la presión del aire se hace menor que la atmosférica.

Al llegar dicha presión parcial de O_2 a un valor muy bajo, el sistema nervioso central del insecto comienza a abrir y cerrar los espiráculos en forma muy rápida. Es el segundo periodo, **llamado F** (por *flutter*, oscilación o palpitación). Durante esta fase, el aire atmosférico ingresa en la tráquea del insecto por la diferencia de presiones indicada. Se eleva entonces el nivel de O_2 del organismo, pero ello sucede sin pérdida de agua. Mientras tanto continúa acumulándose CO_2, a pesar de que en parte sigue siendo absorbido.



Cuando esa acumulación alcanza determinado valor, se abren los espiráculos (sin intervención del sistema nervioso central) y dejan salir el CO_2 acumulado. Es el tercero o último periodo, **llamado O** (por *open*, abierto).

Puede advertirse que en dos de los tres periodos descriptos hay escasa (en F) o nula (en C) pérdida de agua por los espiráculos. Por ello, el fenómeno de intercambio gaseoso discontinuo fue inicialmente relacionado con la necesidad de disminuir la pérdida de agua en el momento en que el insecto intercambia gases con el ambiente, es decir, al respirar. Se elaboró entonces la teoría de que la evolución habría desembocado en la respiración discontinua debido a las ventajas que otorga para la supervivencia.

SHILMAN, Pablo E. "La respiración de los artrópodos con tráqueas". En revista *Ciencia hoy*. Volumen 17, N.° 100, agosto-setiembre. Buenos Aires, 2007.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

La respiración directa ocurre en animales que carecen de órganos respiratorios, como por ejemplo

A) saltamontes y arañas.
B) tenias y lombrices de tierra.
C) lombrices de mar y planarias.
D) esponjas de mar y malaguas.
E) lombrices intestinales y caracoles marinos.

Resolución

La respiración directa se da cuando la difusión de los gases entre los tejidos y el medio no está mediada por un órgano respiratorio, como ocurre en los poríferos (esponjas de mar), celentéreos (hidras, anémonas y malaguas), platelmintos (planarias, fasciolas hepáticas y tenias) y nematodos (oxiuros, triquinas, lombrices intestinales).

Clave C

Pregunta 2

Es una característica de los órganos respiratorios.

A) Están muy vascularizados.
B) Carecen de irrigación sanguínea.
C) Carecen de glándulas mucosas.
D) Todos presentan flujo de contracorriente.
E) Están revestidos por epitelios poliestratificados.

Resolución

Los órganos respiratorios presentan tres cualidades principales:

- Están revestidos por un epitelio monoestratificado, que favorece la difusión de gases.
- Son muy vascularizados, porque están irrigados por el sistema circulatorio. La excepción son las tráqueas de los insectos.
- Son órganos muy húmedos, por la presencia de glándulas mucosas.

Clave A

Pregunta 3

Las branquias son los órganos respiratorios típicos en los moluscos, excepto en

A) las almejas.
B) las ostras.
C) los pulpos.
D) los caracoles de huertas.
E) los colmillos de mar.

Resolución

Los moluscos habitan preferentemente los medios acuáticos (choros, ostras, pulpos, calamares, chitones, colmillos de mar, caracoles marinos), por lo tanto, las branquias son sus órganos respiratorios comunes. La excepción son los caracoles de huertas y las babosas que presentan toda la cavidad del manto transformada en un pulmón.

Clave D

Lumbreras Editores

Pregunta 4

La respiración por medio de ..... caracteriza a los arácnidos.

A) tráqueas quitinosas
B) pulmones en libro
C) pulmones lobulados
D) pulmones septados
E) pulmones faveolados

Resolución

Los arácnidos se caracterizan por la presencia del pulmón en libro (filotráqueas o pulmón laminar) como órgano respiratorio. Son cámaras que poseen en su interior una serie de láminas irrigadas por hemolinfa con hemocianina, se abren al exterior por medio de espiráculos a nivel del opistosoma.

También poseen tráqueas quitinosas poco desarrolladas como respiración complementaria.

Clave B

Pregunta 5

En los equinodermos la respiración es principalmente branquial, los tegumentos respiratorios se modifican de diversas formas, como es el caso en la estrella de mar que respira por medio de

A) tráqueas.
B) pulmones.
C) filotráqueas.
D) sacos bursales.
E) pápulas.

Resolución

Las estrellas de mar forman parte de los equinodermos asteroideos, que respiran por medio de pápulas dérmicas o branquiales.

De otro lado las estrellas quebradizas, del grupo de los ofiuroideos, poseen para respirar los sacos bursales, una especie de bolsas altamente vascularizadas; mientras que los holoturoideos, como los pepinos de mar, respiran por medio de árboles respiratorios, que son estructuras modificadas de su cloaca.

Clave E

Pregunta 6

Las pseudobranquias se presentan en

A) osteíctios.
B) urocordados.
C) hemicordados.
D) cefalocordados.
E) elasmobranquios.

Resolución

En la clase de los peces cartilaginosos (elasmobranquios), las pseudobranquias se encuentran debajo de los espiráculos, que son aberturas laterales de la cabeza por donde ingresa el agua cuando cierran la boca. Las pseudobranquias actúan como órganos linfoides y no participan en el proceso respiratorio, pero por su cercanía a las branquias se les denomina así.

Clave E

Pregunta 7

La vejiga natatoria es el órgano de flotación de los osteíctios, considerando sus relaciones deriva de

A) la boca.
B) la cloaca.
C) el esófago.
D) las branquias.
E) los músculos.

Lumbreras Editores

Resolución

La vejiga natatoria es un derivado, generalmente esofágico, que actúa como un órgano hidrostático y regula el movimiento vertical del pez óseo.

Se llena de gases liberados por la glándula roja que lleva en su interior, lo que hace posible que los peces accedan a la superficie. Cuando la vejiga natatoria se desinfla, el pez viaja a las profundidades del mar.

Los peces cartilaginosos no poseen vejiga natatoria.

Clave C

Pregunta 8

Son peces que presenta una mayor cantidad de branquias.

A) rayas
B) percas
C) atunes
D) anchovetas
E) pirañas

Resolución

Los condrícties (peces cartilaginosos o elasmobranquios) son los peces que presentan una mayor cantidad de branquias internas sanguíneas, por ejemplo en las rayas su número varía de cinco a siete pares. Estas se ubican por debajo de las hendiduras branquiales y proporcionan grandes cantidades de oxígeno al animal.

Clave A

Pregunta 9

Son los vertebrados que presentan la mayor variedad de órganos respiratorios.

A) aves
B) anfibios
C) reptiles
D) urocordados
E) hemicordados

Resolución

Los anfibios presentan hasta cuatro tipos de órganos respiratorios:

- **Branquias.** Los renacuajos (larvas de los sapos) y los ajolotes (larvas de las salamandras) respiran por medio de branquias externas.
- **Piel.** Los sapos adultos respiran principalmente por medio de la piel.
- **Bucofaringe.** Los sapos adultos también pueden inflar la bucofaringe como cavidad de respiración.
- **Pulmones.** Si bien es cierto son poco desarrollados, también participan en el intercambio gaseoso de los adultos.

Clave B

Pregunta 10

La respiración pulmonar y cloacal se presenta en

A) culebras.
B) lagartos.
C) cocodrilos.
D) tortugas marinas.
E) tortugas terrestres.

Resolución

Las tortugas marinas presentan respiración pulmonar y cloacal. La respiración pulmonar, en la que se capta el oxígeno del medio aéreo, es la principal; mientras que la cloacal es una adaptación para tolerar la falta de aire durante la inmersión y constituye un mecanismo accesorio de respiración en el agua.

Clave D

Lumbreras Editores

Pregunta 11

Los pulmones septados son muy comunes dentro de

A) las aves.
B) los reptiles.
C) los dipnoos.
D) los anfibios.
E) los mamíferos.

Resolución

Los reptiles presentan pulmones largos septados (tabicados) que en su interior muestran septos o tabiques que amplían la superficie o área de intercambio gaseoso, haciendo así más eficiente este proceso.
Las serpientes tienen un solo pulmón, el derecho, que les resulta eficiente por la presencia de estos tabiques.

Pregunta 12

Los faveolos son considerados las unidades respiratorias en los pulmones de

A) aves.
B) anfibios.
C) reptiles.
D) mamíferos.
E) urocordados.

Resolución

En los pulmones de los reptiles, los faveolos son cámaras muy vascularizadas que realizan activamente la hematosis. Están delimitados por los septos o tabiques de los pulmones y son considerados las unidades de los pulmones.
En las aves, las unidades son los capilares aéreos, mientras que en los mamíferos se suele considerar a los alveolos pulmonares.
Cabe indicar que los urocordados respiran por medio de branquias.

Pregunta 13

Los alveolos pulmonares son componentes de los lobulillos pulmonares presentes en los pulmones ..... de los .....

A) pequeños - aves.
B) simples - anfibios.
C) simples - dipnoos.
D) tabicados - reptiles.
E) lobulados - mamíferos.

Resolución

Los alveolos y los lobulillos pulmonares se encuentran formando los lóbulos de los pulmones de los mamíferos.
Todos los mamíferos respiran por medio de pulmones lobulados, inclusive los que bucean, como las ballenas y los delfines.

Pregunta 14

Las cuerdas vocales favorecen la comunicación mediante la emisión de sonidos (fonación), estas estructuras se encuentran en

A) quelonios - aves.
B) dinosaurios - aves.
C) insectos - anfibios.
D) mamíferos - reptiles.
E) anuros - mamíferos.

Lumbreras Editores

Resolución

Las cuerdas vocales son pliegues ubicados en la laringe de los anfibios anuros (sapos) y en los mamíferos, que participan en la fonación.

Mediante la emisión de sonidos estos animales comunican territorialidad, hacen defensa del hábitat, asimismo proceden al galanteo que lleva al apareamiento y reproducción.

En las aves, el órgano fonador generalmente es la siringe, localizada en la bifurcación de los bronquios.

Pregunta 15

Son vertebrados que presentan el árbol bronquial ramificado y asimétrico.

A) anfibios B) reptiles C) dipnoos
D) aves E) mamíferos

Resolución

Solo en los mamíferos los bronquios extrapulmonares son ramificados y de forma asimétrica.

Pregunta 16

Los sacos aéreos en las aves cumplen como función principal

A) la emisión de sonidos.
B) incrementar la hematosis.
C) incrementar el peso corporal.
D) disminuir la densidad corporal.
E) filtrar el aire y calentarlo.

Resolución

Para que las aves puedan volar es necesaria la disminución de su densidad corporal.

Los sacos aéreos, al llenarse de aire, incrementan el volumen corporal y este factor disminuye la densidad, de esta manera el cuerpo al ser menos denso puede levantar el vuelo.

Otras adaptaciones al vuelo son la presencia de huesos huecos, la reducción del tamaño de los órganos, la transformación de las patas anteriores en alas plumosas, así como la forma aerodinámica del cuerpo.

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Son animales con respiración no sistémica.

   A) mamíferos y aves
   B) anélidos y artrópodos
   C) anfibios y oligoquetos
   D) osteícties y condricties
   E) cnidarios y platelmintos

2. En los caracoles terrestres, los pulmones son unas invaginaciones del

   A) pie. B) esófago. C) manto.
   D) tentáculo. E) ano.

3. Los pulpos y los calamares respiran por medio de

   A) pulmones.
   B) branquias internas.
   C) sacos bursales.
   D) pápulas branquiales.
   E) branquias plumosas.

4. En las lombrices de tierra la respiración es de tipo

   A) cloacal.
   B) cutánea.
   C) traqueal.
   D) pulmonar.
   E) filotraqueal.

5. Los anélidos marinos, llamados poliquetos pueden respirar por medio de unas proyecciones corporales denominadas

   A) sedas.
   B) quetas.
   C) cojinetes.
   D) parapodios.
   E) nefridioporos.

6. En los escorpiones, el intercambio gaseoso se realiza mediante

   A) las branquias.
   B) las filotráqueas.
   C) el árbol respiratorio.
   D) la cavidad del manto.
   E) las pápulas dérmicas.

7. En los crustáceos, la difusión del oxígeno hacia su hemolinfa ocurre a nivel de sus órganos respiratorios denominados

   A) filotráqueas.
   B) branquias internas.
   C) pulmones saculares.
   D) tráqueas quitinosas.
   E) branquias externas.

8. Las aberturas que permiten el ingreso de aire al sistema traqueal se denominan

   A) narinas
   B) porocitos
   C) estigmas
   D) escalognatitos
   E) fosas nasales.

9. En los insectos, la difusión del oxígeno ambiental hacia las células se lleva a cabo por conductos derivados del tegumento recubiertos por quitina, a los cuales se denomina

   A) branquias.
   B) pulmones.
   C) tráqueas.
   D) bronquios.
   E) parabronquios.

10. Los pepinos de mar respiran por medio de

A) pulmones.
B) branquias faríngeas.
C) pulmones laminares.
D) pulmones fibulados.
E) árboles respiratorios.

11. Los erizos de mar respiran por medio de

A) branquias faríngeas.
B) pulmones laminares.
C) pápulas branquiales.
D) pulmones tabicados.
E) árboles respiratorios.

12. En los peces óseos las branquias están protegidas por

A) los opérculos.
B) los espiráculos.
C) el pinacodermo.
D) la cutícula gruesa.
E) la concha calcárea.

13. Las hemibranquias son los órganos respiratorios característicos de

A) los salmones.
B) las percas.
C) las rayas.
D) los bonitos.
E) los atunes.

14. En los peces, las branquias son derivados

A) bucales.
B) laríngeos.
C) faríngeos.
D) esofágicos.
E) epidérmicos.

15. En los tiburones, a diferencia de los peces óseos, existen

A) dos opérculos.
B) holobranquias.
C) cuatro pares de branquias.
D) cinco pares de branquias.
E) arcos branquiales óseos.

16. Cuando los sapos son renacuajos respiran por medio de branquias y cuando son adultos desarrollan una respiración

A) directa.
B) cloacal.
C) traqueal.
D) no sistémica.
E) pulmocutánea.

17. Los estados larvales de los anfibios anuros se caracterizan por presentar una forma de respiración conocida como

A) cutánea.
B) branquial.
C) bucal.
D) faríngea.
E) pulmonar.

18. El dominio territorial y las llamadas de apareamiento en los anfibios, se producen mediante dos bandas elásticas denominadas cuerdas vocales que se ubican en su

A) laringe.
B) siringe.
C) bucofaringe.
D) pulmón simple.
E) parabronquios.

Lumbreras Editores

19. Los anfibios intensifican su respiración cutánea durante

A) su alimentación.
B) su metamorfosis.
C) la hibernación.
D) las situaciones de peligro.
E) la etapa de reproducción.

20. ¿Cuáles son los organismos que presentan desarrollado únicamente el pulmón derecho?

A) los colibríes
B) los sapos
C) las tortugas
D) las serpientes
E) las ballenas

21. ¿Cuál es el grupo de vertebrados que posee diafragma?

A) los anfibios
B) los batracios
C) los teleósteos
D) los condrictios
E) los mamíferos

22. Las aves, a diferencia de sus ancestros los reptiles, presentan pulmones cuyas unidades funcionales son

A) las tráqueas.
B) los bronquios.
C) los capilares aéreos.
D) los alveolos pulmonares.
E) los lobulillos pulmonares.

23. Las aves respiran mediante pulmones reducidos. Sin embargo, poseen cámaras asociadas llamadas

A) bronquios.
B) bucofaringe.
C) sacos aéreos.
D) alveolos pulmonares.
E) bronquiolos respiratorios.

24. Son animales que poseen músculos con mucha mioglobina que les permite almacenar oxígeno.

A) larvas de anfibios
B) peces superficiales
C) mamíferos acuáticos
D) peces ornamentales
E) insectos acuáticos

Lumbreras Editores

twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO XIX

CIRCULACIÓN Y TRANSPORTE

Objetivos

- Conocer la estructura y fisiología del sistema circulatorio de los animales.
- Analizar las adaptaciones del sistema circulatorio de los principales *filo* animales.

Introducción

Si bien los protozoos, organismos eucariotas heterótrofos, viven en contacto directo con su medio, obteniendo nutrientes y oxígeno, y expulsan los residuos directamente a través de su superficie celular mediante un proceso de difusión; las formas multicelulares, como los animales, requieren sistemas de transporte debido a que el agregamiento celular durante el proceso evolutivo trajo como consecuencia que la velocidad de difusión disminuya, por el aumento de las barreras membranosas entre las células, y además a que cada célula presenta sus propios requerimientos nutricionales.

Uno de los puntos de partida interesantes son los platelmintos turbelarios, quienes poseen un tubo digestivo muy ramificado que genera conductos (a los que llamaremos enteroductos) a través de los cuales los nutrientes llegan directamente a los tejidos, posteriormente tenemos en los nematodos una cavidad corporal llamada pseudoceloma, derivada del blastocele, donde el líquido pseudocelómico participa en la difusión de los nutrientes desde la región intestinal hacia los tejidos.

En algunos moluscos se observa un sistema circulatorio abierto primitivo constituido por un fluido que es impulsado por el corazón dorsal y que llena el hemocele, lagunas corporales donde se alojan los órganos, de esta manera los tejidos se nutren y eliminan sus desechos. El fluido regresa lentamente al corazón. Los vasos sanguíneos de este sistema son esencialmente arterias, no existen venas ni capilares.

Más adelante se desarrollaron los sistemas circulatorios cerrados, donde los vasos se unen a través de conductos finos denominados capilares, un sistema novedoso de mayor eficiencia tanto en la distribución de nutrientes hacia los tejidos como en la evacuación de los desechos. El incremento de nutrientes eleva el metabolismo, lo que favorece el crecimiento y desarrollo de los animales.

1▸ Circulación directa o no sistemica

Las esponjas, celentéreos y platelmintos, a pesar de no presentar un sistema circulatorio desarrollado, usan el medio acuoso en el que viven como transportador de sustancias, el ingreso de agua al interior de su cuerpo se da como resultado de movimientos filiares, flagelares o corporales.

1.1. PORIFEROS

El constante batir de los flagelos de los coanocitos que tapizan la cavidad corporal o espongiocele de las esponjas de mar garantiza el ingreso de agua de mar rico en nutrientes a través de los poros y su posterior expulsión a través del ósculo llevándose los desechos; es a partir de este fluido circulante que las células captan los nutrientes por difusión o por fagocitosis.

1.2. CELENTÉREOS

Estos organismos realizan contracciones y dilataciones de la cavidad gastrovascular, que permiten el ingreso de agua con nutrientes desde el medio y la eliminación de desechos. Esto permite considerar a la cavidad gastrovascular como un órgano circulatorio y al agua que entra y sale por un único orificio (que hace de boca y ano) un esbozo de fluido circulante.

1.3. PLATELMINTOS TURBELARIOS

Grupo al cual pertenecen las planarias, presentan un intestino que posee gran cantidad de ramificaciones y realiza la función de transporte, mediante estas se distribuyen los nutrientes a cada una de las células de forma directa.

1.4. NEMATELMINTOS

El transporte interno se ve facilitado por la presencia del líquido pseudocelomático, que recibe los nutrientes del intestino, luego, por movimientos de la musculatura y por fenómenos de difusión, los nutrientes son transportados a los tejidos que vierten al líquido pseudocelómico los desechos que serán filtrados por los órganos excretores.

2▸ Circulación indirecta o sistemica

La mayoría de los organismos pluricelulares complejos, por su tamaño y actividad, necesitan de un sistema circulatorio especializado para transportar los nutrientes y gases respiratorios a todos los tejidos de su cuerpo, a esta forma de circulación se le denomina sistémica.

2.1. COMPONENTES DEL SISTEMA CIRCULATORIO

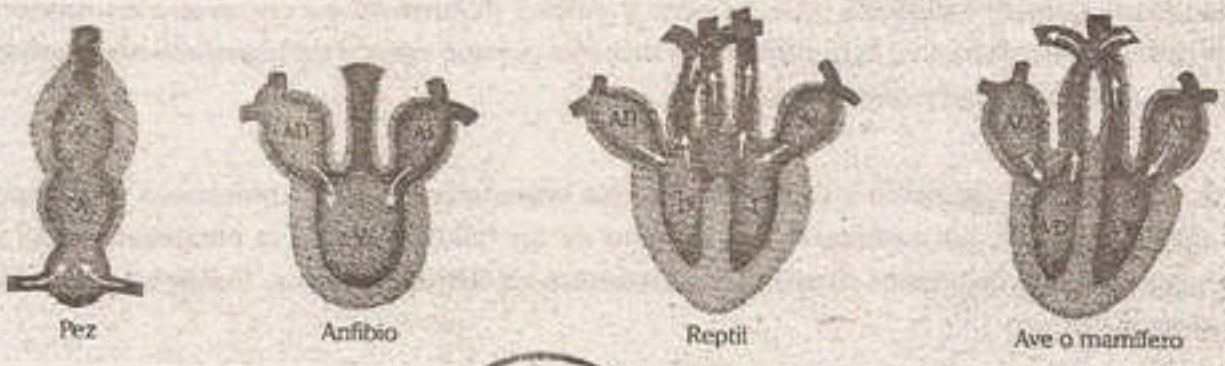
Por lo general, presenta tres componentes: un sistema de vasos, un fluido circulante y el corazón. El sistema de vasos, abierto o cerrado, sirve para transportar el fluido circulante, las válvulas existentes a lo largo del sistema de vasos marca a su vez el sentido de la circulación del fluido, este necesita una fuerza impulsora proporcionada por un órgano especial llamado corazón, el cual posee propiedades contráctiles.

Lumbreras Editores

2.1.1. Corazón

Órgano formado por tejido muscular especial, que mediante movimientos de contracción impulsa la sangre hacia los vasos sanguíneos. En los artrópodos es **neurogénico** porque su excitación se debe a las neuronas, asimismo es tubular; en los moluscos y los vertebrados es **miogénico** porque presenta marcapaso o sea su propio sistema de excitación, asimismo es tabicado y en algunos casos se encuentran corazones accesorios (vesiculares) que aceleran la circulación en una zona determinada.

CORAZÓN DE LOS VERTEBRADOS



2.1.2. Vasos sanguíneos

Arterias

Son vasos de gran diámetro, de modo que oponen escasa resistencia al flujo de la sangre. Su función es sacar la sangre del corazón y llevarla, a gran presión, hasta todos los órganos del cuerpo. La enorme presión que deben soportar sus paredes explica que estas sean gruesas y resistentes. En ellas encontramos tejido muscular, tejido conjuntivo, nervios y capilares como en cualquier órgano, pero lo más relevante es la presencia de fibras elásticas.

Lumbreras Editores

Capilares

Son vasos pequeños numerosos, ubicados en el interior de los tejidos. Lo más destacable de ellos es que están hechos nada más que de una capa de endotelio, lo que los hace extraordinariamente delgados, para permitir el intercambio de sustancias entre la sangre y el líquido que rodea a las células. Cada capilar mide aproximadamente 0,01 mm de diámetro. En ocasiones son más estrechos que el tamaño de los glóbulos rojos.

Venas

Se encargan de llevar la sangre de regreso al corazón. Aunque estos órganos carecen de una musculatura capaz de contraerse como para impulsar la sangre, el retorno venoso ocurre de todos modos, incluso donde la sangre ha de devolverse venciendo la fuerza de gravedad, como es el caso de las piernas, debido a que la contracción del músculo esquelético adyacente comprime las venas y mueve la sangre que se halla en su interior. Ahora bien, este movimiento podría ser, en las piernas por ejemplo, tanto hacia arriba como hacia abajo, pero las venas tienen válvulas que impiden el retroceso de la sangre. Las venas son las encargadas de transportar la sangre de regreso al corazón. Por ellas circula aproximadamente un 64% de la sangre sistémica. En un adulto las venas, con la sola excepción de las pulmonares, transportan sangre pobre en oxígeno (sangre desoxigenada).

2.1.3. Fluidos circulantes

Hemolinfa

Su composición es parecida a la del agua de mar. Tiene células defensivas (amebocitos o celomocitos) que fagocitan las sustancias extrañas. Transporta nutrientes y productos de desecho y, a diferencia del agua de mar, tiene una alta concentración de iones de potasio. No tiene misión respiratoria. Se encuentra en los metazoos inferiores y equinodermos.

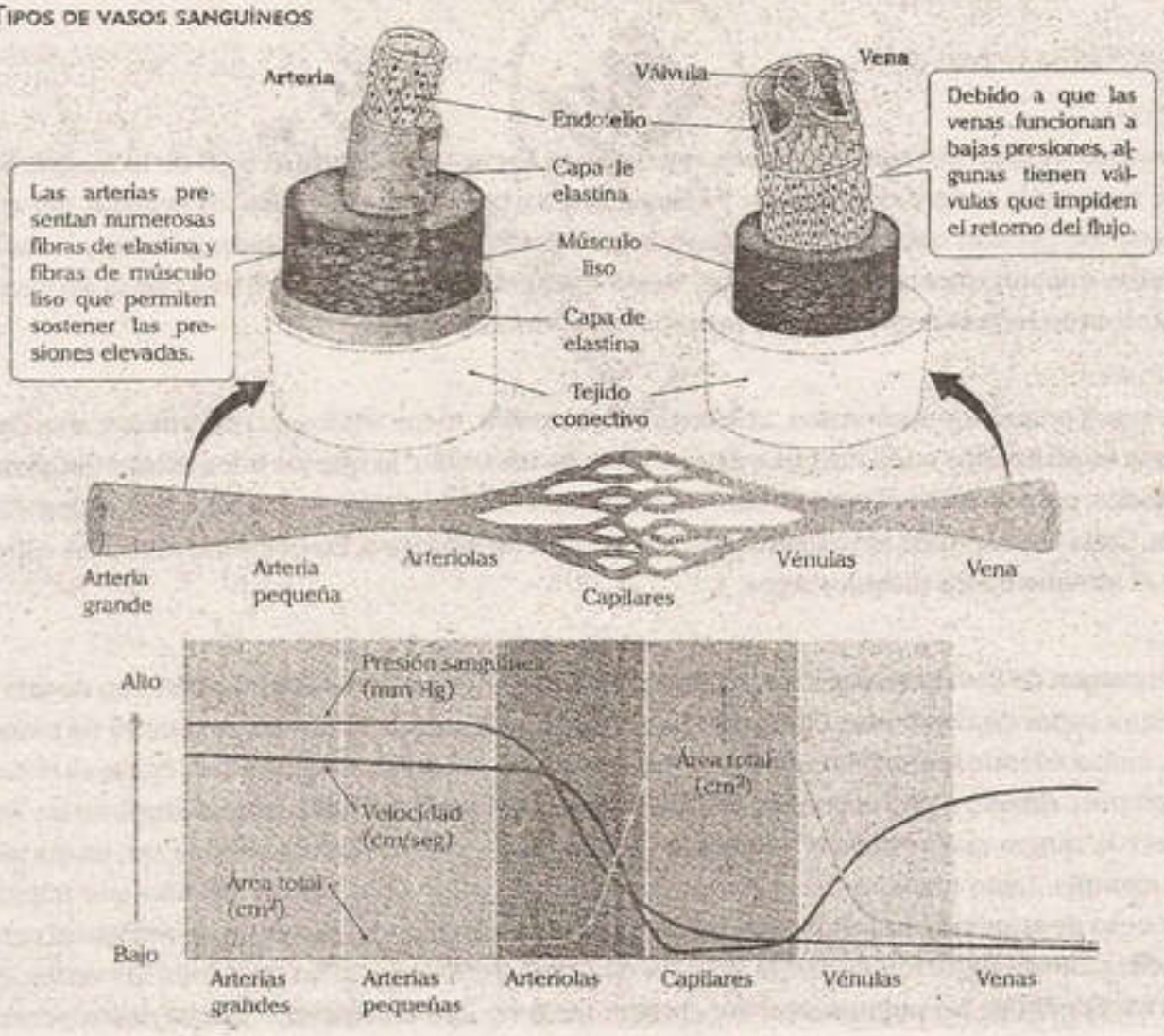
Hemolinfa

Tiene generalmente el pigmento respiratorio hemocianina (metaloproteína que contiene cobre y transporta oxígeno) disuelto en el plasma y células defensivas. Se encuentra en invertebrados superiores. En los insectos, la hemolinfa es incolora porque carece de pigmento respiratorio y, por lo tanto, no tiene función respiratoria.

Sangre

Es de color rojo, coagulable y salada, transporta sustancias nutritivas hormonas y oxígeno hacia las células. Elimina las sustancias de desecho de las células, regula la temperatura del cuerpo y protege de las infecciones simples. Se encuentra en los vertebrados. Contiene el plasma y los elementos formes.

TIPOS DE VASOS SANGUÍNEOS



Líquido que contiene los productos de desecho (que proceden del metabolismo –urea y ácido úrico– y son excretados desde la sangre), y los nutrientes que son transportados por el medio interno. Asimismo, lleva proteínas especializadas en el transporte, como la transferrina, que transporta hierro; la ceruloplasmina, que transporta cobre; las blipoproteínas, que transportan lípidos. Otras proteínas importantes son los anticuerpos que participan en la defensa contra agentes patógenos.

- **Glóbulos rojos.** Se forman en la médula ósea. Viven 120 días en la sangre. Tienen hemoglobina, que les permite transportar oxígeno. En los mamíferos son anucleados, en los demás vertebrados conservan el núcleo.
- **Glóbulos blancos.** No tienen pigmentos, son esféricos y con núcleo. Se desplazan mediante seudópodos. Los granulocitos (neutrófilos, eosinófilos) fagocitan cuerpos extraños. Otros granulocitos llamados basófilos contienen gránulos de heparina (anticoagulante) e histamina (que genera inflamación). Los linfocitos B se transforman en plasmocitos (células plasmáticas) que liberan anticuerpos. Los monocitos salen de los vasos sanguíneos y se transforman en macrófagos que fagocitan microorganismos.
- **Trombocitos.** Participan en la reparación de vasos sanguíneos levemente dañados y en la coagulación sanguínea. En los mamíferos son fragmentos celulares y se les llama plaquetas.

Lumbreras Editores

Tiene una composición parecida al plasma sanguíneo. Presenta leucocitos, carece de glóbulos rojos y de plaquetas. En los vertebrados circula por un sistema llamado linfático.

Son proteínas que participan en el transporte de oxígeno. Destacan la hemoglobina, la clorocruorina, la hemeritrina y la hemocianina.

Tiene color rojo. Es una metaloporfirina, es decir, una proteína con grupos hemo y un metal, el hierro. Presente en los vertebrados y algunos invertebrados, donde recibe el nombre de eritrocruorina.

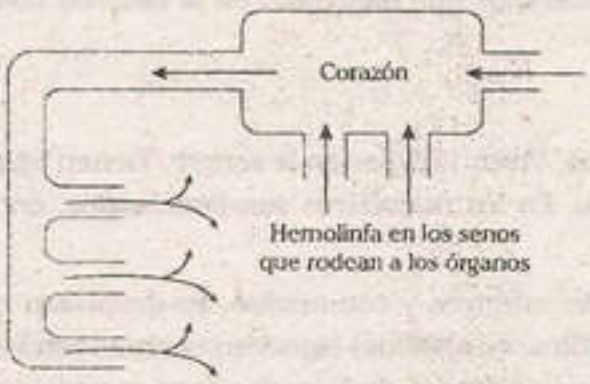
Es un pigmento verdoso y también tiene grupos hemo y hierro, por lo tanto, es una metaloporfirina (o hemoproteína). Aparece en cuatro familias de anélidos poliquetos y algunos insectos.

Es una metaloproteína de color violeta rojizo y carece de grupos hemo. El metal que contiene es también el hierro. Aparece en los anélidos poliquetos.

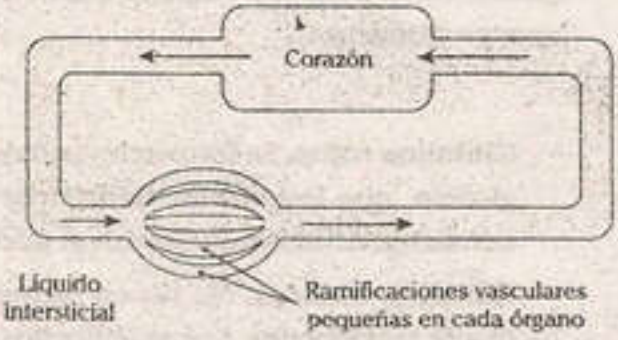
Es azulada cuando lleva oxígeno e incolora en estado desoxigenado. Es una metaloproteína, no tiene grupos hemo y su metal es el cobre. Se encuentra en moluscos y artrópodos.

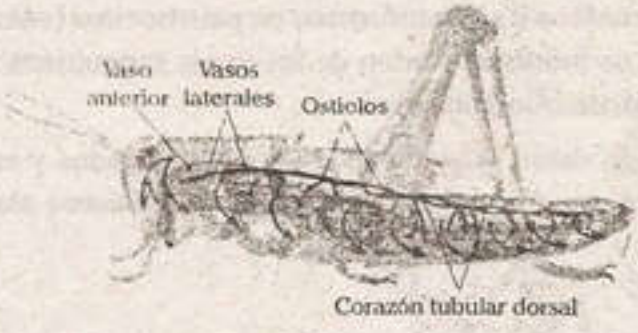
En los animales con sistema circulatorio se pueden reconocer dos tipos: el sistema circulatorio abierto y el sistema circulatorio cerrado.

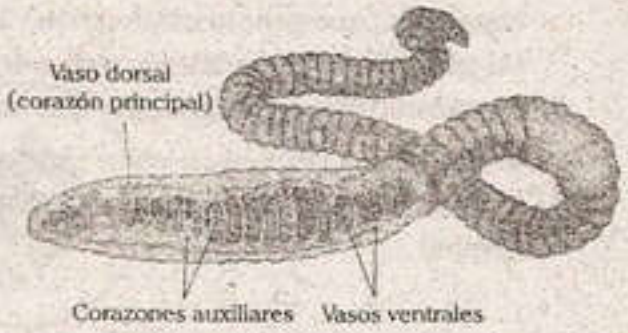
SISTEMA ABIERTO DE SALTAMONTE



SISTEMA CERRADO DE LOMBRIZ DE TIERRA



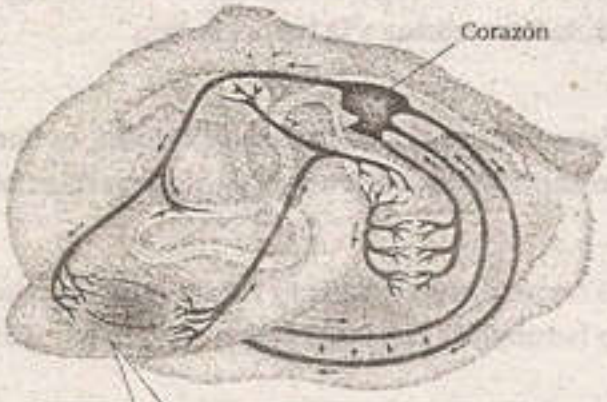




3.1. SISTEMA CIRCULATORIO ABIERTO O LAGUNAR

Lo presentan los artrópodos y los moluscos, excepto cefalópodos. El corazón se dispone en la zona dorsal del animal, desde donde impulsa la hemolinfa hacia el hemocele, que es el conjunto de cavidades internas del animal, la hemolinfa se acumula entre los tejidos llevándoles sustancias nutritivas. La hemolinfa se mueve lentamente, por ello los animales moluscos no cefalópodos que dependen de este sistema para abastecer de oxígeno a las células son animales de movimientos lentos.

Los insectos han solucionado el problema mediante el desarrollo del sistema respiratorio traqueal, que provee directamente de oxigeno a las células del animal.



En los moluscos, un sistema de vasos drena los espacios intercelulares y retorna la sangre al corazón.

3.1.1. Moluscos (gasterópodos y pelecípodos)

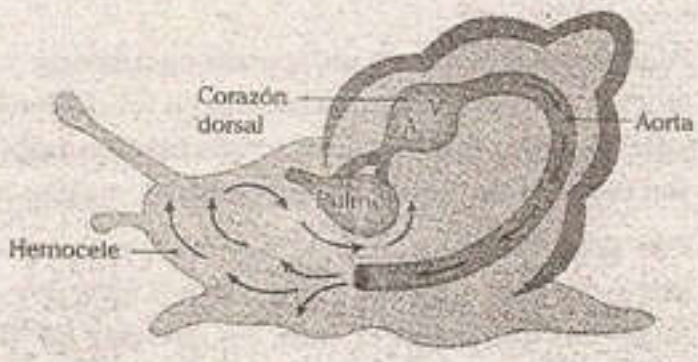
El sistema circulatorio abierto se caracteriza por un corazón con una o dos aurículas y un ventrículo muscular, del ventrículo nace una aorta posterior.

La hemolinfa circula por los espacios hemocelómicos o hemocele, bañando directamente a las vísceras.

En los gasterópodos primitivos, el corazón dorsal está formado por dos aurículas, pero como consecuencia del enrollamiento de la concha y la desaparición de la branquia derecha, la aurícula derecha desaparece, ya que era la encargada de irrigar la estructura respiratoria; por ello los caracoles tienen el corazón con una aurícula y además con un ventrículo.

Desde el ventrículo salen dos aortas, una anterior y una posterior o una única que rápidamente se ramifica en dos. La rama anterior irriga la cabeza y el pie; debido al papel hidrostático que juega la sangre en el desplazamiento y movilidad del animal, el sistema arterial desaparece para formar unos senos en los que se encuentra la sangre; esto no ocurre en la zona de la masa visceral, donde la sangre únicamente tiene función de transportar sustancias. Antes de pasar por las branquias de retorno al corazón atraviesa el nefridio que se encarga de eliminar las impurezas del cuerpo. El sistema venoso recoge la hemolinfa y antes de retornar al corazón lo oxigena en el pulmón o en las branquias según sea un caracol terrestre o acuático. El pigmento respiratorio más común es la hemocianina.

SISTEMA ABIERTO DEL CARACOL DE HUERTAS



3.1.2. Artrópodos

El corazón tubular está situado en el dorso y posee orificios laterales llamados ostíolos. La hemolinfa fluye hacia las arterias y de ahí hacia los espacios tisulares (lagunas hemocélicas). Luego de ahí retorna al espacio pericárdico e ingresa al corazón a través de los ostíolos.

Insectos

El corazón dorsal es cerrado en su parte posterior y posee a los lados varios pares de ostíolos. La hemolinfa contiene varios tipos de hemocitos con funciones fagocíticas, de coagulación y de reparación. El plasma contiene el azúcar trehalosa. En los insectos el aparato circulatorio no transporta el oxígeno, ya que este es conducido directamente por las tráqueas respiratorias hacia las células. Algunos insectos presentan corazones accesorios que ayudan a bombear la hemolinfa hacia las alas.

Arácnidos

A diferencia de los insectos, su hemolinfa transporta oxígeno porque contiene hemocianina y pasa por los pulmones en libro antes de volver al corazón. Al igual que los insectos, la hemolinfa contiene una variedad de hemocitos con funciones variadas como coagulación, fagocitosis y la reparación de heridas.

Al igual que en los arácnidos, su hemolinfa transporta el oxígeno, porque contiene la hemocianina disuelta en el plasma. Antes de retornar al corazón, la hemolinfa pasa por las branquias donde se oxigena.

En estos animales se observa la presencia de dos sistemas circulatorios: el hemal y el vascular acuífero.

Consiste de un anillo oral y uno aboral, a partir de los cuales parten cinco ramas que se extienden por los brazos.

Fundamentalmente es un aparato circulatorio y respiratorio, aireador de las gónadas; pero esa función primaria se ha modificado en los distintos grupos, singularmente en erizos, estrellas y holoturias, en los que en parte cumple función ambulatoria (sistema ambulacral). Los equinodermos son capaces de mover hidráulicamente sus pies ambulacrales para desplazarse de un lado a otro.

Este sistema consta de una placa **madreporita**, el **conducto pétreo** o canal petroso (cuyas paredes están más o menos calcificadas e impregnadas con granitos de arena), el **conducto anular** (acuífero) que rodea la boca, los **cuerpos de Tiedemann**, (que producen células emigrantes o amebocitos de la hidrolinfa y se abren al conducto anular o perioral), los **conductos radiales** (cinco de acuerdo a la simetría) y los pies ambulacrales, que terminan en una ventosa. Asociados al conducto anular hay grandes depósitos o reservorios de agua, las **vesículas de Poli**. A su vez cada pie ambulacral va unido a un depósito subsidiario, la **ampolla ambulacral**. A través de esta serie de ductos que son de naturaleza ósea se moviliza la **hidrolinfa.** Los amebocitos celómicos (celomocitos) eliminan los residuos concentrados mediante su salida fuera del organismo.

SISTEMA AMBULACRAL DE LA ESTRELLA DE MAR

3.2. SISTEMA CIRCULATORIO CERRADO

Se caracteriza porque la sangre es impulsada por un corazón (o varios) y pasa a las arterias que terminan en capilares, que son los vasos que realizan el intercambio de materiales entre el torrente sanguíneo y los líquidos tisulares, luego otros vasos llamados venas recogen la sangre y la regresan al corazón. En síntesis, se trata de un sistema de vasos continuos. Lo presentan los gusanos nemertinos, anélidos, cefalópodos, cefalocordados y vertebrados.

3.2.1. Anélidos

Presentan un sistema circulatorio cerrado aunque bastante sencillo. Existe un **vaso dorsal** ubicado sobre el tubo digestivo que conduce la sangre hacia la parte anterior del animal y un **vaso ventral** que la conduce a la parte posterior. Estos dos vasos están comunicados en la parte delantera y trasera del gusano. En la parte delantera destacan los **anillos circunfágicos** que rodean la faringe y el esófago, cada uno de los anillos circunfágicos lleva dos corazones simples.

Su verdadero corazón, sin embargo, es el **vaso dorsal**, el cual presenta células mioepiteliales cuya contracción produce ondas peristálticas que producen el desplazamiento de la sangre por los vasos.

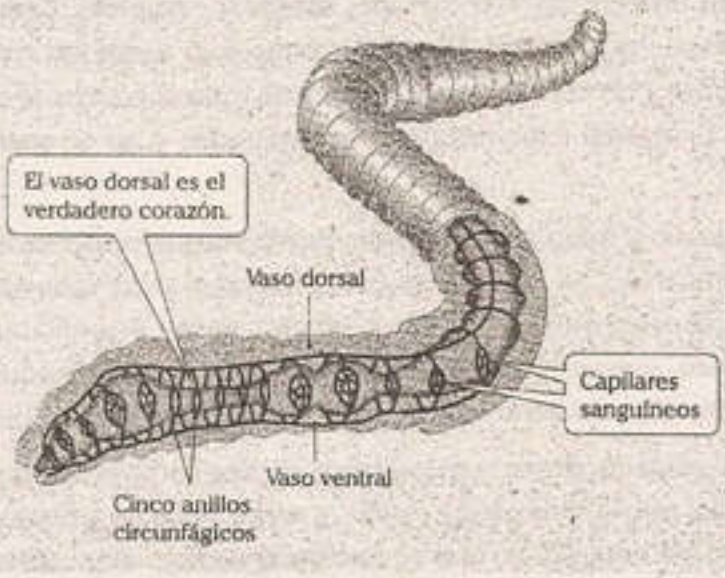
El pigmento sanguíneo más abundante es la **hemoglobina**, pero muchos grupos tienen clorocruorina, de color verdoso y hemeritrina de color rojo violeta. Estos pigmentos son los encargados del transporte de oxígeno desde las branquias o de su epidermis hacia los tejidos.

En los poliquetos cada uno de sus segmentos corporales tienen los dos grandes vasos comunicados por medio de vasos que van a cada parapodio (los vasos parapodiales), y otros al tubo digestivo (los vasos intestinales), que irrigan el tubo digestivo.

Muchas especies de poliquetos viven en la zona intermareal y son capaces de resistir varias horas fuera del agua durante la marea baja. Son animales **oxiconformistas**, es decir, su metabolismo se adecúa a la cantidad de oxígeno presente en el medio, por lo que durante las horas de marea alta su hemoglobina almacena oxígeno.

Lumbreras Editores

SISTEMA CIRCULATORIO DE UNA LOMBRIZ DE TIERRA



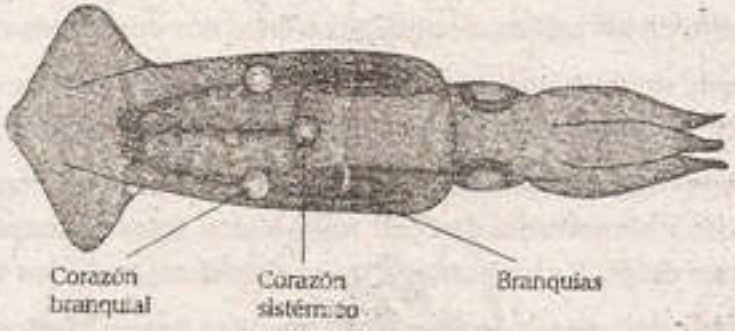
7.2.2. Moluscos cefalópodos

El sistema circulatorio de los cefalópodos (pulpos, sepias y calamares) es cerrado y la hemolinfa circula dentro de los vasos.

Los cefalópodos tienen arterias, venas y capilares tapizados por una capa epitelial llamada endotelio, su hemolinfa lleva hemocianina disuelta, la cual se oxigena en las branquias y se desoxigena en los tejidos.

Tienen un corazón sistémico (principal) y un par de corazones, llamados corazones branquiales, que bombean la sangre hacia las branquias, aumentan la presión sanguínea y aceleran el ritmo circulatorio, lo que permite a estos animales de vida activa tener una tasa metabólica alta.

SISTEMA CERRADO DEL CALAMAR



El corazón sistémico recoge la sangre de las branquias y la reparte a los tejidos por la arteria aorta. De ellos se recoge la sangre que procede del manto por las venas paleales, de la cabeza por la vena cava anterior y de las vísceras por la vena abdominal; la sangre de estas tres confluye en los corazones branquiales que la bombean a las branquias, donde se oxigena y regresa al corazón sistémico por las venas branquiales eferentes.

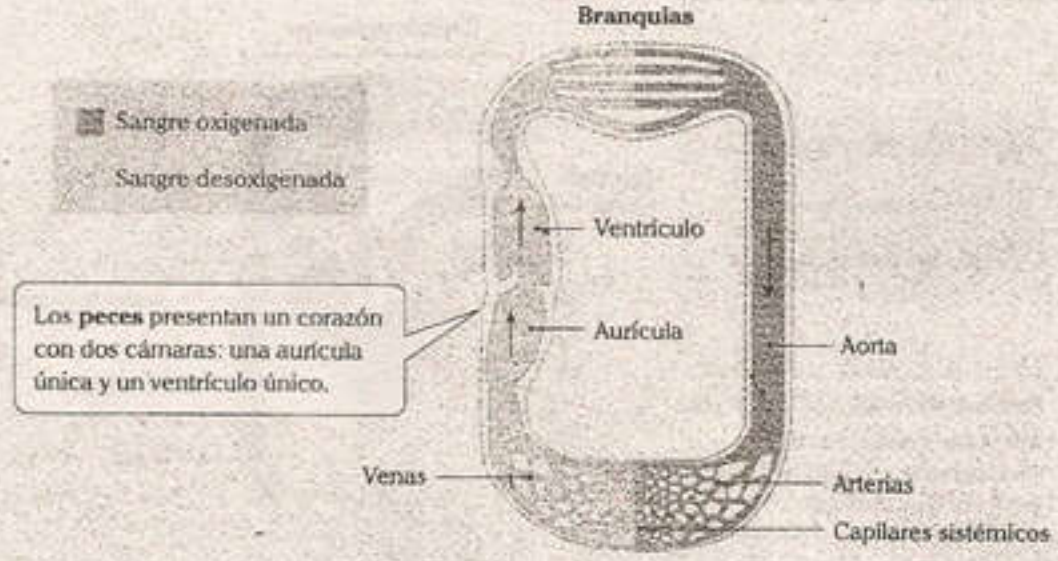
7.2.3. Peces

Los peces presentan una circulación cerrada, simple y completa. **Cerrada**, porque la sangre circula dentro de los vasos sanguíneos. **Simple**, porque solo existe un circuito, el mayor, que va del corazón a las branquias y de ahí a todo el cuerpo y de todo el cuerpo al corazón. **Completa**, porque la sangre venosa y la arterial están totalmente separadas y no se mezclan en ningún punto del circuito.

El **corazón** es bicavitario y miogénico. Es **bicavitario** porque presenta dos cavidades importantes, una aurícula y un ventrículo. La aurícula se conecta con el seno venoso y el ventrículo con el cono arterial. Asimismo por este corazón solo fluye sangre venosa, por ello también se le llama **corazón venoso**. Es **miogénico**, porque su automatismo se debe al NSA, (nódulo sinusal auricular), fibras musculares especializadas del seno venoso, que actúan como marcapasos.

La **sangre** de los peces generalmente es **pálida y escasa** comparada con la de los demás vertebrados. Presenta glóbulos rojos nucleados y ovales, y varios tipos de glóbulos blancos, de los cuales los más abundantes son los neutrófilos, que se encargan de fagocitar bacterias.

Sistema circulatorio de los peces



3.2.4. Anfibios

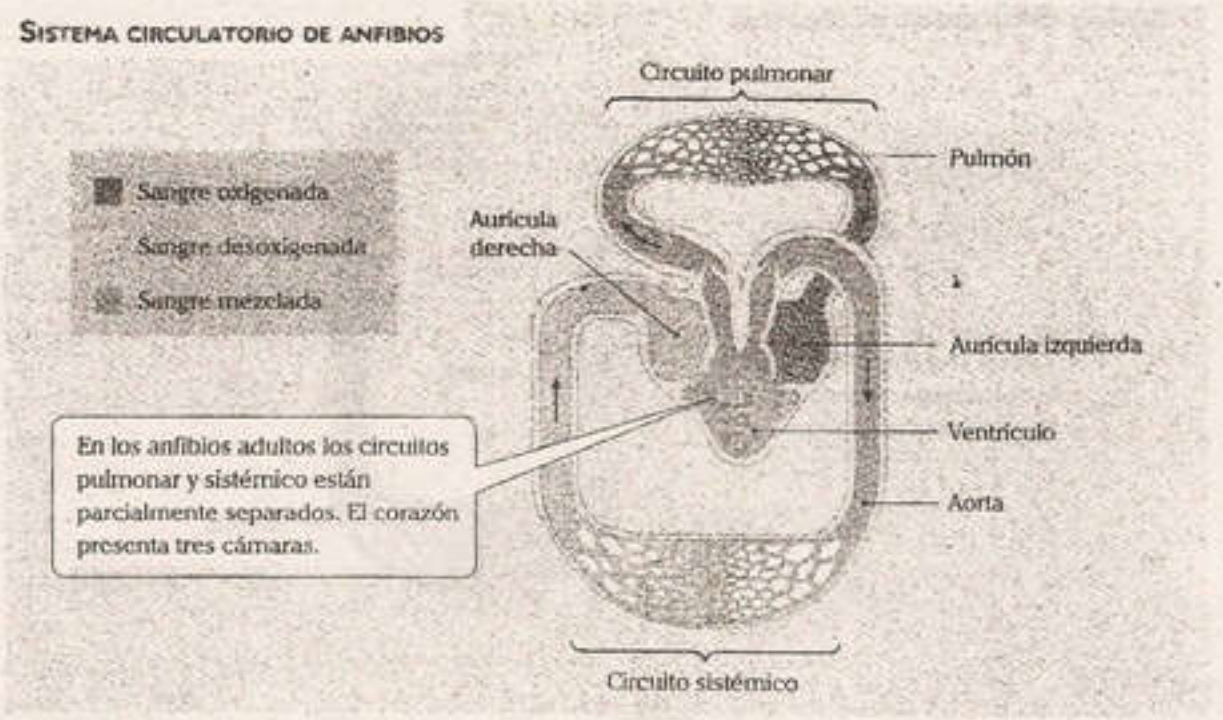
En los anfibios, este sistema **cerrado** pasa a ser **doble** a diferencia del circuito simple que presentan los peces, sin embargo, la circulación es **incompleta.**

El sistema doble evolucionó mejorando el suministro de oxígeno a los tejidos mediante la separación de fluidos sanguíneos oxigenados que provienen del pulmón, de los fluidos sistémicos desoxigenados que provienen del cuerpo, sin embargo, esta separación es parcial, ya que las sangres venosa y arterial se mezclan, por lo que se dice que la circulación es **incompleta.**

El corazón de los anfibios es producto de la evolución del corazón de los peces y se ha modificado en un **corazón tricavitario** (principalmente de tres cámaras), con dos aurículas y un ventrículo. Es altamente variable, sus diferencias están asociadas con la respiración (cutánea y pulmonar) y con el estado fisiológico del anfibio. Por ejemplo, cuando la rana estiva puede mezclar la sangre venosa y arterial en el ventrículo, mientras que cuando está muy activa tal mezcla no se produce.

El corazón tricavitario también posee seno venoso. Este se abre en la **aurícula derecha** y es por donde se recibe la sangre que proviene del cuerpo (sangre sistémica o venosa). La sangre sistémica pasa a la aurícula derecha y luego al lado derecho del ventrículo. Cuando la sangre proviene de los pulmones entra a la **aurícula izquierda**, vía la vena pulmonar y luego al lado izquierdo del **ventrículo**.

Desde el único **ventrículo**, la sangre venosa es bombeada hacia los pulmones y la sangre oxigenada hacia el cuerpo de manera simultánea a través del **cono arterioso**. Aunque el ventrículo no está dividido por un septo en ventrículo derecho e izquierdo, la sangre sistémica y la oxigenada pueden ser dirigidas hacia diferentes caminos arteriales. Tal segregación es posible debido al volumen y posición de la sangre en el ventrículo, la naturaleza de la contracción ventricular y a la **válvula espiral** del cono arterioso. La válvula **espiral**, que es una estructura musculosa con una parte anterior denominada "sinangium" y una parte posterior denominada "pilangium", participa en la separación parcial de la sangre venosa y de la sangre arterial.



3.2.6. Reptiles

Los cambios sucedidos por la transición hacia la vida totalmente terrestre, incluyeron la modificación de los mecanismos de obtención del oxígeno a partir del aire atmosférico (solo por el uso de pulmones), así como el desarrollo de una circulación sanguínea eficaz para el transporte de este gas vital. Los reptiles desarrollaron una circulación doble, cerrada e incompleta para adaptarse a los nuevos hábitats.

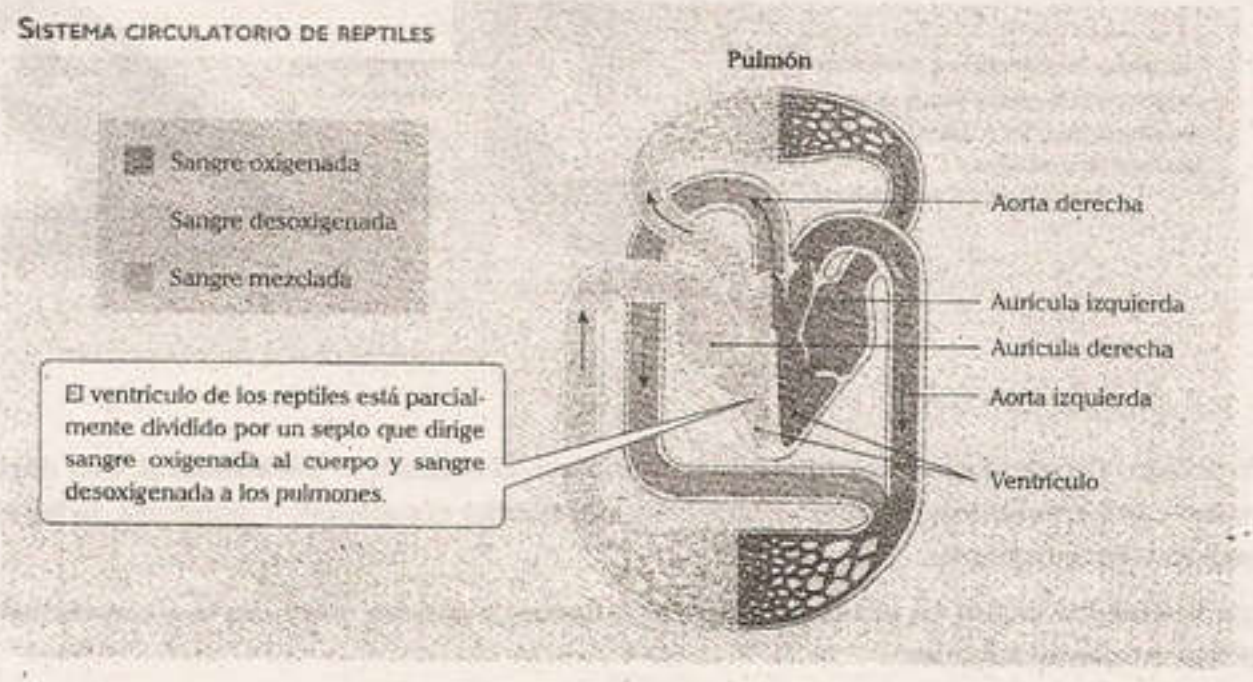
El "típico" corazón reptiliano es tricavitario, tiene tres cámaras, dos aurículas (derecha e izquierda) y un ventrículo. Lo encontramos en las tortugas y los escamados, donde el ventrículo está subdividido en tres pequeñas cámaras o cavas (cavas arteriosa, venosa y pulmonar, de izquierda a derecha, respectivamente). Dado que las tres cavas no están separadas totalmente por paredes musculares y la contracción cardiaca del ventrículo es de una sola fase (no hay diástole ni sístole), la sangre que está oxigenada (sistémica) y la desoxigenada (venosa) se mezclan y salen simultáneamente a través de todos los troncos arteriales. La sangre que se encuentra en la cava pulmonar fluye hacia el tronco pulmonar y la sangre en el *cavum venosum* fluye hacia la aorta.

Aunque la mezcla de sangre oxigenada y desoxigenada puede ocurrir bajo algunas circunstancias, la cava pulmonar queda aislada durante la contracción cardiaca (sístole) y la sangre desoxigenada es bombeada desde la aurícula derecha hacia los pulmones.

En los cocodrilos el **corazón es tetracavitario**, está formado por dos aurículas y dos ventrículos. La aurícula derecha se une al ventrículo derecho y la aurícula izquierda se une al ventrículo izquierdo. Del ventrículo izquierdo sale el arco aórtico izquierdo que lleva sangre oxigenada hacia el cuerpo. Del ventrículo derecho sale el arco aórtico derecho que conduce sangre venosa hacia el cuerpo, también de ahí nace la arteria pulmonar que transporta sangre venosa hacia los pulmones.

Lumbreras Editores

Los arcos aórticos se interconectan mediante el **agujero o foramen de Panizzo**, se suele considerar este lugar como una zona de mezcla de sangres venosa y arterial. Sin embargo, los estudios demuestran que cuando el animal está respirando las dos aortas transportan sangre principalmente arterial debido a la gran presión que ejerce el ventrículo izquierda y cuando el animal deja de respirar, debido a la inmersión, aumenta la resistencia del circuito pulmonar (deja de funcionar), entonces la sangre bombeada por el ventrículo derecho va hacia la aorta derecha.



3.2.6. Aves

El sistema circulatorio de las aves es cerrado, doble y completo. Está compuesto por un corazón y un sistema complejo de venas y arterias. El principal avance evolutivo que presentan respecto a sus parientes los reptiles (con excepción del cocodrilo) es que el corazón es tetracavitario, está formado por cuatro cavidades (dos aurículas y dos ventrículos), lo cual evita la mezcla de la sangre venosa que viene del cuerpo con la oxigenada que ha sido purificada en los pulmones.

Entre los vertebrados, solo las aves y los mamíferos tienen un elevado nivel metabólico. Necesitan, por lo tanto, una circulación sanguínea, y una respiración y digestión muy eficientes.

En las aves la circulación pulmonar está separada por completo de la circulación general. El arco aórtico derecho de los reptiles se mantiene en las aves. Los riñones están irrigados por los vasos porta renales, tal como en los vertebrados primitivos.

El corazón de un ave es proporcionalmente más fuerte y grande que el de un mamífero. Por lo general, un ave pequeña tiene relativamente un corazón más grande que un ave grande, pudiendo latir un corazón pequeño más rápido que un corazón grande. La presión sanguínea de las aves varía inversamente con el tamaño del ave y es casi siempre más elevada que la presión de los mamíferos.

Sistema circulatorio de aves

3.2.7. Mamíferos

Presentan una circulación cerrada, doble y completa. El corazón es **tetracameral**, está dividido en cuatro compartimentos, posee un tabique interventricular completo y, a diferencia de las aves, un cayado aórtico izquierdo.

Los mamíferos tienen en la sangre elementos formes y plasma, y en ella son característicos los glóbulos rojos anucleados.

Referencias bibliográficas

- COCKRUM, E. y McCAULEY, W. *Zoología*. México: Editorial Interamericana, 1967.
- JESSOP, Nancy. *Zoología: invertebrados*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 1990.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

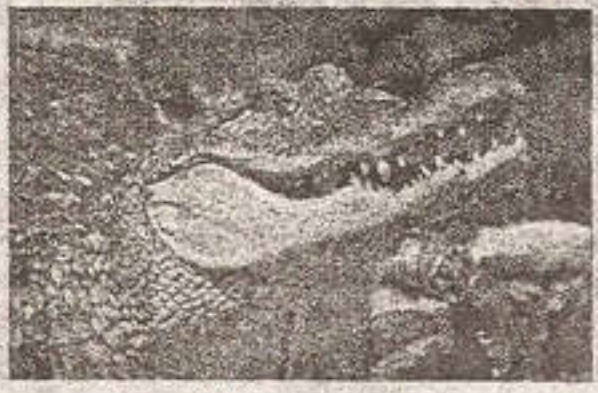
Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

La sangre de los cocodrilos y el tratamiento contra el VIH/Sida



Adam Britton y Mark Merchant recolectan sangre de cocodrilos en el norte tropical de Australia con la esperanza de poder desarrollar poderosos antibióticos para humanos, una vez que las pruebas mostraron que el sistema inmunológico de los reptiles destruye el virus VIH/Sida.

El sistema inmunológico de los cocodrilos es mucho más potente que el de los humanos y evita infecciones que suponen amenazas para su supervivencia tras las salvajes luchas territoriales, en las que a menudo el animal termina con enormes heridas o incluso pierde extremidades. "Se desgarran los miembros unos a otros y a pesar de que viven en este medio ambiente, con todos esos microbios, se curan de forma rápida y normalmente casi siempre sin infecciones", comentó el científico estadounidense Mark Merchant, quien ha estado tomando muestras sanguíneas de cocodrilos salvajes de agua dulce y salada. Tras capturar a un cocodrilo e inmovilizar sus poderosas mandíbulas, los científicos extraen la sangre de una gran vena (llamada seno) situada detrás de la cabeza.

El científico australiano Adam Britton, del centro de investigación en el Parque Darwin de Cocodrilos, plantea que en los estudios sobre el sistema inmunológico de los cocodrilos, llevados a cabo desde 1988, encontraron varios anticuerpos en la sangre del reptil que eliminan a las bacterias resistentes a la penicilina, tales como el *Staphylococcus aureus* "estafilococo dorado". Asimismo dijo que era mucho más eficiente que el sistema inmunológico de los humanos destruyendo el virus VIH/Sida. "Si tomas una pipeta de prueba con muestras del VIH y le añades suero de cocodrilo, tendrá un efecto mucho mayor que si le añades suero humano. Puede eliminar a un número mucho mayor de viriones de VIH/Sida", mencionó. Britton añadió que el sistema inmunológico de los cocodrilos funciona de un modo distinto al de los humanos, ya que ataca directamente a las bacterias desde el momento en que una infección aparece en el cuerpo.

"El cocodrilo posee un sistema inmunológico que ataca a las bacterias, las destroza y las hace estallar. Es como si colocase un arma en la cabeza de las bacterias y luego apretase el gatillo", dijo el científico. Los científicos esperan recolectar suficiente sangre de cocodrilo como para aislar los poderosos anticuerpos y finalmente desarrollar un antibiótico para su uso en humanos.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

¿Qué animales carecen de sistema circulatorio?

A) insectos
B) caracoles
C) pulpos
D) atunes
E) medusas

Resolución

Las medusas, al igual que las esponjas, planarias y nematodos, carecen de sistema circulatorio, sin embargo, presentan circulación asistémica, utilizan sus cavidades corporales como circulatorias, la que complementan con la circulación intercelular por difusión.

Pregunta 2

Los nematodos no poseen

A) ano.
B) boca.
C) intestino.
D) vasos sanguíneos.
E) líquido pseudocelómico.

Resolución

Los nematodos no presentan un sistema circulatorio especializado, carecen de sus componentes como corazón, vasos y fluido circulatorio. Utilizan como cavidad circulatoria el **pseudoceloma**, que deriva del blastocele embrionario y su líquido llamado pseudocelómico.

Pregunta 3

¿Cuál es el pigmento circulatorio de los moluscos?

A) clorocruorina
B) hemocianina
C) hemeritrina
D) hemoglobina
E) eritrocruorina

Resolución

Los moluscos, con excepción de los cefalópodos, se caracterizan por un sistema circulatorio abierto, asimismo todos poseen la hemolinfa de color azul por la **hemocianina,** una metaloproteína que lleva cobre; lo que le permite enlazarse con el oxígeno molecular y transportarlo.

Pregunta 4

Las aberturas metaméricas del corazón de los artrópodos reciben el nombre de

A) atrios.
B) aortas.
C) ostíolos.
D) aurículas.
E) ventrículos.

Resolución

El corazón de los insectos es de ubicación dorsal, de forma tubular con aberturas metaméricas que reciben el nombre de **ostíolos** y que aspiran(succionan) la hemolinfa del espacio pericárdico que lo rodea, el que viene a ser un seno del hemocele.

Lumbreras Editores

Pregunta 5

Animales que presentan dos corazones auxiliares en las branquias.

A) peces
B) cetáceos
C) poliquetos
D) renacuajos
E) cefalópodos

Resolución

Los cefalópodos presentan adicionalmente al corazón sistémico (principal), dos **corazones branquiales** que bombean la hemolinfa hacia las branquias, donde la hemolinfa se oxigena. La presencia de estos corazones garantiza la eficiencia de todo el sistema.

Clave E

Pregunta 6

Los oligoquetos poseen ....., que se contraen ocasionalmente para ayudar a mover la "sangre".

A) las venas
B) los capilares
C) los vasos laterales
D) el vaso dorsal y ventral
E) los anillos circunfágicos

Resolución

Los oligoquetos poseen cinco **anillos circunfágicos** (llamados también arcos aórticos) en su sistema vascular sanguíneo o sistema circulatorio cerrado, que se contraen ocasionalmente para ayudar a mover la "sangre". El vaso dorsal es el verdadero corazón de estos animales.

Clave E

Pregunta 7

Son invertebrados con circulación cerrada y presentan hemoglobina plasmática.

A) urodelos
B) lámpreas
C) ciclóstomos
D) oligoquetos
E) larvas de anuros

Resolución

La circulación cerrada en los invertebrados se da en los anélidos, como los oligoquetos, y se caracteriza por presentar una hemoglobina gigante denominada eritrocruorina, la que se encuentra disuelta en el plasma del fluido circulatorio.

Clave D

Pregunta 8

La cavidad del cuerpo de los moluscos que se llena de hemolinfa se denomina

A) hemocele.
B) blastocele.
C) arquenterón.
D) intestino en "u".
E) espongiocele.

Resolución

En los moluscos las arterias descargan la hemolinfa hacia los senos, espacios del cuerpo animal que en conjunto constituyen el **hemocele**. Para muchos zoólogos, existe un **verdadero celoma** restringido y único que es la **cavidad pericárdica**, en la que se ubica el corazón del animal.

Clave A

Lumbreras Editores

Pregunta 9

En los arácnidos, la hemolinfa transporta oxígeno mediante

A) la clorocruorina.
B) la hemocianina.
C) la hemeritrina.
D) la hemoglobina.
E) la eritrocruorina.

Resolución

Los arácnidos poseen un sistema circulatorio abierto muy desarrollado. Su corazón tubular dorsal se ubica en la mitad anterior del abdomen y su fluido circulatorio posee **hemocianina**, pigmento respiratorio y azulado verdoso cuando se oxigena en los pulmones en libro.

Clave B

Pregunta 10

¿Dónde se oxigena la hemolinfa de los crustáceos?

A) en los pulmones
B) en las branquias
C) en el escafognatito
D) en las glándulas antenales
E) en la glándula cloragógena

Resolución

Los crustáceos como el cangrejo de río (camarones) tienen un sistema circulatorio abierto bien desarrollado y son los únicos que poseen capilares sanguíneos. Su hemolinfa se oxigena en las **branquias** (las que son quitinosas) antes de regresar al corazón dorsal.

Clave B

Pregunta 11

La sangre de los ..... es la única que contiene el azúcar denominado trehalosa.

A) pulpos
B) insectos
C) caracoles
D) arácnidos
E) crustáceos

Resolución

La sangre de los insectos es la única que contiene el azúcar denominado **trehalosa**, que es un disacárido compuesto por dos residuos de glucosa unidas por enlace glucosídico alfa 1,1 que funciona como anticongelante. Asimismo, la sangre de los insectos es rica en aminoácidos que participan en el equilibrio hídrico (balance osmótico) a diferencia de cualquier otro grupo del reino animal.

Clave B

Pregunta 12

El sistema ambulacral no presenta

A) conducto pétreo.
B) conducto anular.
C) vesículas de Poli.
D) anillo hemolinfático.
E) cuerpos de Tiedemann.

Resolución

El sistema vascular-acuífero o ambulacral presenta varios componentes como el conducto anular, conducto pétreo, conducto radial, vesículas de Poli y cuerpos de Tiedemann. El **anillo hemolinfático** es parte de otro sistema llamado sistema circulatorio hemal.

Clave D

Lumbreras Editores

Pregunta 13

Son cordados que presentan los vanadiocitos como células transportadoras.

A) cordados
B) procordados
C) urocordados
D) hemicordados
E) cefalocordados

Resolución

Los urocordados (tunicados) como las ascidias presentan células transportadoras de vanadio llamadas los **vanadiocitos**, que migran a la túnica, donde se desintegran liberando vanadio, el vanadio se necesita para depositar la celulosa a nivel de la túnica externa del cuerpo de estos animales.

Clave C

Pregunta 14

Los vertebrados en los cuales el seno venoso y el bulbo arterial laten durante toda su vida son

A) las vacas.
B) los sapos.
C) las tortugas.
D) las palomas.
E) los tiburones.

Resolución

Los peces se caracterizan por presentar un corazón lineal con las siguientes partes consecutivas: seno venoso, aurícula, ventrículo y bulbo arterial. En la mayoría de vertebrados el seno venoso y el bulbo arterial dejan de latir, sin embargo, en **los tiburones** el seno venoso y el bulbo arterial laten durante toda su vida.

Clave E

Pregunta 15

El corazón tricameral es característico de

A) aves.
B) peces.
C) cocodrilos.
D) anfibios.
E) mamíferos.

Resolución

Los anfibios presentan un corazón **tricameral** a diferencia de los peces que es bicameral y de la mayoría de amniotas donde es tetracameral. El corazón de los anfibios consta de dos aurículas, derecha e izquierda, y un ventrículo.

Clave D

Pregunta 16

Los reptiles, a diferencia de los peces, presentan una circulación

A) simple y completa.
B) doble e incompleta.
C) con eritrocitos nucleados.
D) sin hemoglobina intracelular.
E) con un corazón sin seno venoso.

Resolución

Los peces se caracterizan por tener una circulación cerrada, simple y completa, y un corazón bicameral. En cambio, los reptiles poseen la circulación doble e incompleta. Doble porque consta de dos circuitos e incompleta porque la sangre venosa se mezcla con la sangre arterial. Asimismo poseen generalmente un corazón tricameral.

Clave B

Lumbreras Ediciones

Pregunta 17

La estructura que genera los latidos del corazón en los vertebrados se denomina

A) pericardio.
B) endocardio.
C) seno venoso.
D) nodo sinusal.
E) nodo auriculo ventricular.

Resolución

La estructura que genera los latidos del corazón en los vertebrados se denomina NSA, **nodo sinusal**, nódulo sinoauricular, nódulo de Keith Flack o marcapaso cardiaco. Se trata de células musculares altamente autoexcitables denominadas células P, que son parte de la capa denominada miocardio.

Pregunta 18

En la circulación simple el corazón

A) es el lugar de mezcla de las sangres.
B) bombea dos veces garantizando el recorrido por todo el cuerpo.
C) mantiene las sangres separadas.
D) bombea una sola vez la sangre para que recorra todo el cuerpo.
E) desarrolla cavidades pares.

Resolución

En la **circulación simple** el corazón bombea una sola vez toda la sangre para que recorra todo el cuerpo. Caracteriza a los peces y es menos eficiente que la circulación doble debido a la baja presión que se genera por un solo bombeo.

Pregunta 19

En la filogenia del corazón, el bulbo arterial se diferencia en

A) las venas cavas.
B) las venas pulmonares.
C) las aurículas del corazón.
D) los ventrículos del corazón.
E) la arteria aorta y pulmonar.

Resolución

En la filogenia del corazón, el **bulbo arterial** se diferencia en las **arterias aorta y pulmonar**. La arteria aorta se encarga de llevar la sangre hacia todo el cuerpo, mientras que la arteria pulmonar lleva la sangre hacia los pulmones para que se oxigene.

Pregunta 20

Los únicos vertebrados que poseen circulación simple son

A) las aves.
B) los peces.
C) los reptiles.
D) los anfibios.
E) los mamíferos.

Resolución

Los únicos vertebrados que poseen circulación simple son **los peces**. El corazón bicavitario bombea la sangre hacia las branquias, donde se oxigena y se pierde presión, luego la sangre se moviliza a través de la aorta dorsal a las otras partes del cuerpo, donde se ramifica en capilares para finalmente regresar al ventrículo del corazón.

Lumbreras Editores

Pregunta 21

La estructura conocida como válvula espiral caracteriza al corazón de

A) las aves.
B) los peces.
C) los reptiles.
D) los anfibios.
E) los mamíferos.

Resolución

La estructura conocida como válvula espiral caracteriza al corazón de **los anfibios**.

Es una estructura que se ubica en el bulbo arterial y se encarga de separar parcialmente la sangre venosa de la sangre arterial.

Clave D

Pregunta 22

El agujero de Panizo se encuentra solo en los reptiles del grupo

A) ofidios.
B) dragones.
C) quelonios.
D) escamosos.
E) crocodilos.

Resolución

El agujero de Panizo se encuentra solo en los reptiles del grupo **crocodilos**.

El agujero de Panizo conecta los dos arcos aórticos y representa una zona de contacto y mezcla de la sangre venosa con la sangre arterial.

Clave E

Pregunta 23

El cayado aórtico derecho es a ..... como el cayado aórtico izquierdo es a .....

A) peces - anfibios
B) anfibios - reptiles
C) reptiles - aves
D) aves - mamíferos
E) mamíferos - peces

Resolución

Los reptiles se caracterizan por presentar dos cayados aórticos, derecho e izquierdo. Según los datos de la paleontología son los ancestros tanto de las aves como de los mamíferos. Durante el proceso evolutivo, las **aves** heredaron el **arco aórtico derecho**, mientras que los **mamíferos** heredaron el **arco aórtico izquierdo**.

Clave D

Pregunta 24

Los únicos vertebrados que poseen los glóbulos rojos anucleados son

A) las aves.
B) los peces.
C) los reptiles.
D) los anfibios.
E) los mamíferos.

Resolución

Los únicos vertebrados que poseen los glóbulos rojos anucleados son los **mamíferos**. Estos glóbulos rojos reciben el nombre de **hematíes**. Gracias a la pérdida del núcleo disminuye el volumen citoplasmático y con ello se incrementa la superficie celular, que favorece una mayor exposición de la hemoglobina al oxígeno ambiental.

Clave E

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Son animales carentes de sistema circulatorio.

A) arañas
B) zancudos
C) esponjas de mar
D) camarón de río
E) estrella de mar

2. Los sistemas circulatorios abiertos, a diferencia de los cerrados, se caracterizan por

A) ser continuos.
B) poseer capilares.
C) ser más eficientes.
D) ser lentos.
E) ser de elevada presión.

3. En los moluscos, la hemolinfa transporta oxígeno porque contiene el pigmento respiratorio llamado

A) hemoglobina.
B) mioglobina.
C) clorocruorina.
D) hemocianina.
E) hemeritrina.

4. Células circulantes que participan en los procesos de cicatrización en invertebrados.

A) eritrocitos
B) leucocitos
C) arqueocitos
D) celomocitos
E) trombocitos

5. Son animales invertebrados con sistema circulatorio con capilares.

A) insectos
B) arácnidos
C) anélidos
D) gasterópodos
E) equinodermos

6. Son animales invertebrados con un sistema circulatorio cerrado muy eficiente.

A) arácnidos
B) asteroideos
C) equinoideos
D) cefalópodos
E) gasterópodos

7. El verdadero corazón de los anélidos es

A) la vena porta.
B) el vaso ventral.
C) el vaso dorsal.
D) el primer arco circunfágico.
E) el primer corazón circunfágico.

8. El corazón de los insectos se caracteriza por

A) ser miogénico.
B) ser tetracavitario.
C) poseer marcapasos.
D) carecer de ostíolos.
E) ubicarse en posición dorsal.

9. Los animales en los que se encuentra la mayor diversidad de pigmentos respiratorios son

A) poríferos.
B) celentéreos.
C) artrópodos.
D) platelmintos.
E) anélidos.

Lumbreras Editores

10. El sistema vascular acuífero es exclusivo de

A) poríferos.
B) celentéreos.
C) artrópodos.
D) platelmintos.
E) equinodermos.

11. En el sistema circulatorio de los peces, el ventrículo bombea la sangre a elevada presión hacia

A) las branquias.
B) el hemoceloma.
C) la circulación menor.
D) la circulación pulmonar.
E) la parte posterior del cuerpo.

12. Los primeros vertebrados que en el proceso evolutivo desarrollaron dos circuitos circulatorios son

A) las aves.
B) los peces.
C) los reptiles.
D) los anfibios.
E) los cefalópodos.

13. La circulación cerrada, doble e incompleta es característica de

A) reptiles y aves.
B) anfibios y reptiles.
C) moluscos y anélidos.
D) osteícties y condrícties.
E) artrópodos y equinodermos.

14. En los reptiles la circulación es ..... y presenta un corazón con ..... cámaras.

A) simple y completa - dos
B) simple e incompleta - tres
C) doble e incompleta - tres
D) doble e incompleta - cuatro
E) doble y completa - cuatro

15. Son los animales que presentan corazón sin seno venoso.

A) osteícties
B) condricties
C) batracios
D) reptiles
E) aves y mamíferos

16. Capaces de mantener un metabolismo elevado, son los vertebrados con el sistema circulatorio más eficiente.

A) aves
B) peces
C) reptiles
D) anfibios
E) mamíferos

17. Las esponjas y las medusas carecen de sistema circulatorio, sin embargo, realizan la función de circulación mediante la ..... intercelular.

A) difusión
B) gutación
C) ósmosis
D) agitación
E) transpiración

18. Los vertebrados con sistema cardiovascular que presentan el agujero de Paniza en la zona de contacto de sus arcos aórticos son

A) los sapos.
B) los koalas.
C) los tucanes.
D) los tiburones.
E) los cocodrilos.

Lumbreras Editores

19. Las aves se diferencian de los mamíferos porque presentan

A) dos ventrículos.
B) tres aurículas.
C) septo incompleto.
D) cayado aórtico derecho.
E) seno venoso desarrollado.

20. La válvula espiral es característica del corazón de

A) aves.
B) peces.
C) reptiles.
D) anfibios.
E) mamíferos.

21. Los eritrocitos nucleados son característicos de los vertebrados, sin embargo, no se encuentran en

A) aves.
B) peces.
C) reptiles.
D) anfibios.
E) mamíferos.

22. La célula que da origen a las plaquetas en la sangre de los mamíferos se denomina

A) eritrocito.
B) hemocito.
C) eritroblasto.
D) leucoblasto.
E) megacariocito.

23. La circulación cerrada, doble y completa identifica a los animales

A) ectotermos.
B) estenotermos.
C) peciloterms.
D) homeotermos.
E) poiquilotermos.

24. La circulación doble caracteriza a

A) los vertebrados acuáticos.
B) los invertebrados terrestres.
C) los vertebrados marinos.
D) los vertebrados terrestres.
E) los invertebrados dulceacuícolas.

Lumbreras Editores

VALBÍN EFRAÍN AQUINO PADILLA

twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO XX

EXCRECIÓN Y OSMORREGULACIÓN

Objetivos

- Explicar el origen de los desechos que se generan en el metabolismo y los mecanismos de eliminación del organismo.
- Identificar la estructura básica de los órganos excretores de los diferentes animales y describir cómo funciona cada una de sus partes.
- Describir las adaptaciones evolutivas básicas de los animales a los diferentes ambientes y los mecanismos para eliminar los desechos y mantener el equilibrio hídrico.

Introducción

Un aspecto importante para el mantenimiento de la salud es la alimentación, muchas veces la forma de preparar y sazonar nuestros alimentos puede ser beneficiosa o perjudicial para nuestra salud. Por lo general, a los peruanos nos gustan los alimentos picantes, condimentados y con alta cantidad de sal; esto aumenta el trabajo renal, por suerte también solemos consumir líquidos depurativos y desinflamantes como los emolientes, que nos ayudan a expulsar los desechos (excreción) o el exceso de sal (osmorregulación).

La excreción y la osmorregulación contribuyen a mantener la homeostasis del medio interno o líquidos extracelulares que incluyen: al líquido intersticial, el plasma sanguíneo y otros líquidos. La excreción purga al organismo de todos los desechos metabólicos que produce el organismo, la osmorregulación regula la concentración de los solutos y el balance entre ganancia y pérdida de agua. El propósito es evitar la intoxicación de las células por acumulación de desechos metabólicos, el mantenimiento del pH, la conservación de una cantidad precisa de agua y sal. Las sales incluyen a iones minerales como el Na^+, K^+, Cl^-, HCO_3^- (bicarbonato); su concentración puede aumentar por la ingesta de alimentos. Al ingerir alimentos muy salados aumenta la sensación de sed, así el organismo busca un equilibrio de sal y agua (homeostasis hidrosalina).

Diversos órganos participan para mantener el equilibrio hídrico e iónico; en los vertebrados participan los riñones, las branquias, la piel y la mucosa digestiva.

Los líquidos corporales de algunos animales marinos son similares al agua marina, en este caso decimos que son animales osmoconformes y no requieren realizar trabajo para mantener la homeostasis, en otros los líquidos corporales son diferentes del agua marina, entonces decimos que son animales osmorreguladores y requieren realizar trabajo, gasto de energía e intervención de órganos excretores-osmorreguladores. Los animales de agua dulce y terrestre son siempre osmorreguladores.

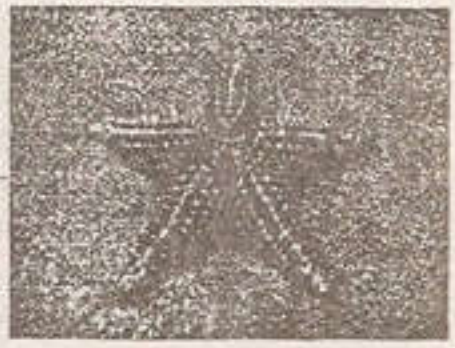
CONSERVACIÓN DEL AGUA CORPORAL

El equilibrio de agua corporal depende del aporte y la pérdida. Contribuyen al aporte la ingesta de alimentos, bebidas y el agua del metabolismo celular. La pérdida depende de la eliminación en la orina, heces, en forma de vapor por los pulmones y la transpiración por la piel.

1.1 EN ANIMALES ACUATICOS

1.1.1 Marinos osmonoconformados

Sus líquidos corporales tienen la misma salinidad del agua marina; incluyen a las medusas, ostras, langostas y la mayoría de los invertebrados. Sin embargo, entre sus líquidos corporales y el interior de sus células hay diferencias.



Los líquidos corporales de la estrella de mar son similares al agua marina, no puede sobrevivir en medios con menos salinidad.

1.1.2 Marinos osmoconformes

Por lo general, sus líquidos corporales tienen una concentración menor de solutos que el agua marina, se requiere energía para eliminar permanentemente el exceso de sal que ingresan con el agua que beben o el alimento que ingieren. Incluyen a la mayoría de los peces, todas las ballenas, focas y aves marinas.

1.2 ANIMALES TERRESTRES

La conservación se da por las estructuras que recubren el cuerpo tales como el exoesqueleto de los artrópodos, las escamas de los reptiles, las plumas en las aves y el pelaje en los mamíferos; en los humanos nuestra piel seca de células muertas y queratinizadas funciona como una barrera que ayuda a conservar el agua corporal.

2 ORIGEN DE LOS PRINCIPALES DESCECHOS NITROGENADOS

2.1. AMONIACO (NH_3)

Se produce del catabolismo de los aminoácidos y nucleótidos, es el desecho nitrogenado más tóxico. Su acumulación en los fluidos corporales puede ocasionar alcalinización extrema (elevación del pH).

Hay dos opciones para desprenderse de esta sustancia tóxica, una es eliminándola rapidamente y la otra, transformándola en compuestos menos tóxicos como la urea y el ácido úrico.

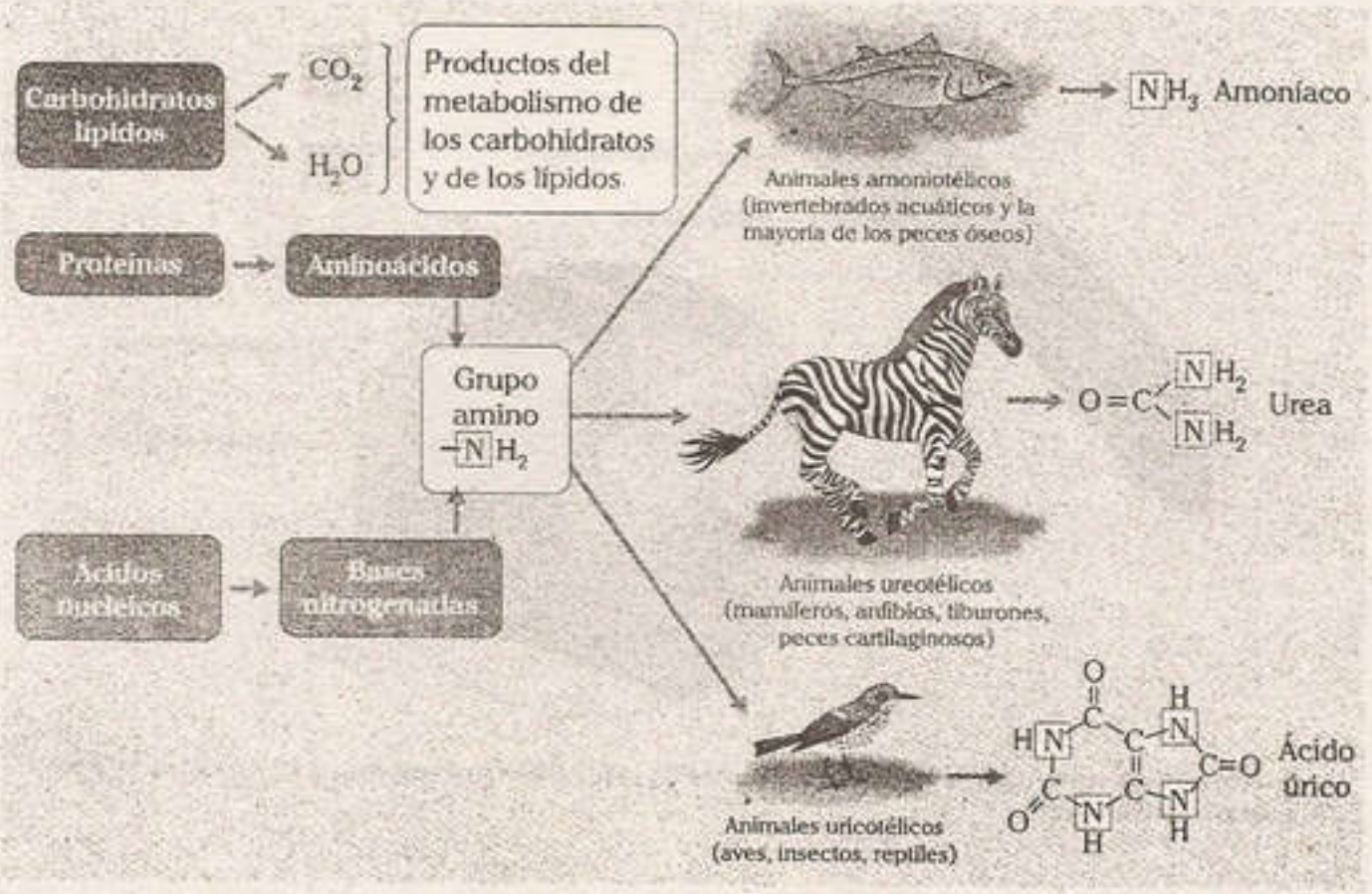
2.2. UREA

Su producción es un proceso largo y requiere energía, se trata de un compuesto poco tóxico, su acumulación puede ser tolerada hasta un límite por el organismo. Los tiburones contienen altos niveles de urea en la sangre sin perjudicar su salud, esta alta concentración contribuye a la retención de agua corporal. La urea es producida por el hígado y excretado por los riñones mediante la orina, lo cual ocurre en algunos peces, anfibios adultos y mamíferos.

2.3. ÁCIDO ÚRICO

Es un compuesto de estructura compleja, los organismos invierten más energía en producirlo; la ventaja es que se trata de un compuesto poco soluble en agua, entonces puede ser eliminada con poca orina y los animales ahorran mucha agua. Los animales que producen ácido úrico incluyen: insectos, caracoles terrestres, reptiles, aves y anfibios del desierto.

Los humanos producimos urea y, en menor cantidad, ácido úrico. Este ácido se produce por degradación de los nucleótidos de los ácidos nucleicos. La producción excesiva y acumulación de ácido úrico en el hombre ocasiona la gota o enfermedad de los reyes, el problema se agrava por el consumo de carnes rojas, beber cerveza o tomar café.



El grupo amino (NH_2) es la base para la formación de los desechos nitrogenados, el más simple es el amoniaco y el más complejo el ácido úrico.

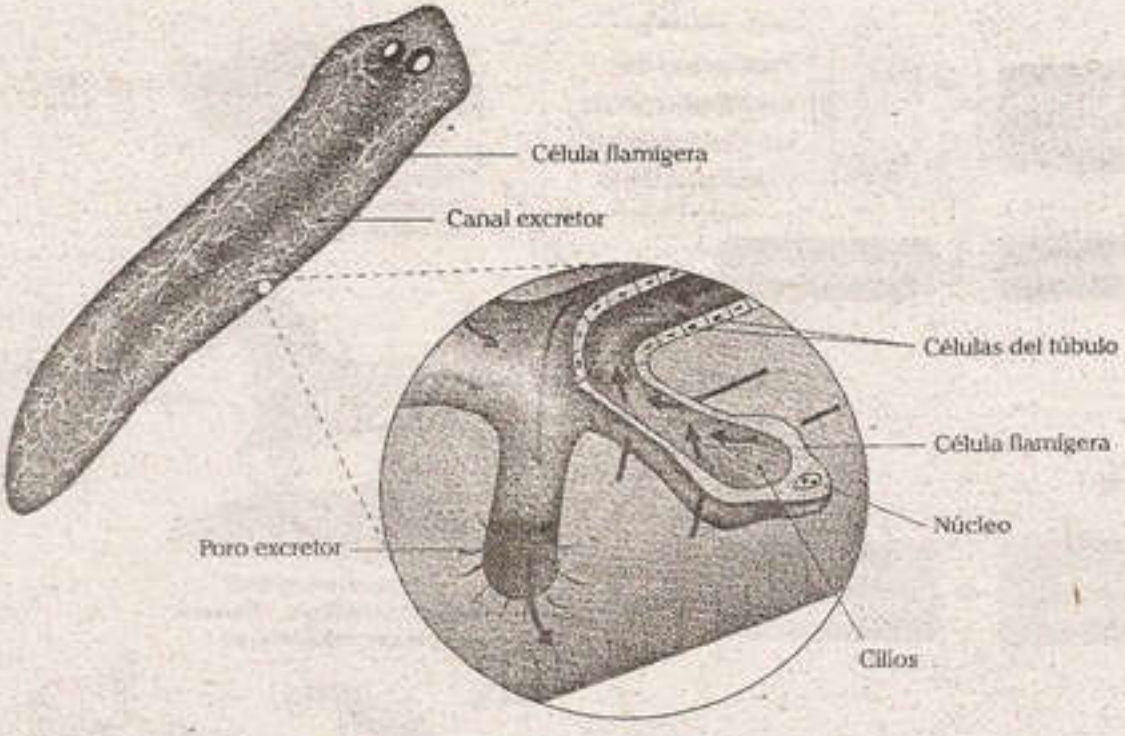
LA EXCRECIÓN DE LOS DESECHOS NITROGENADOS

Amoníaco	Urea	Ácido úrico
Se elimina a través de la piel y branquias de invertebrados acuáticos, mayoría de peces óseos y larva de anfibios. Los animales que eliminan amoníaco se denominan amoniotélicos.	Se excreta en la orina en soluciones moderadamente concentradas en condrictios, la mayoría de anfibios y en mamíferos terrestres. Los animales que eliminan urea se llaman ureotélicos.	Es poco soluble, su eliminación requiere poca agua, es producida por insectos, aves y reptiles. Los animales que eliminan ácido úrico se llaman uricotélicos.

3. Órganos excretores: evolución, anatomía y fisiología

3.1. Protonefridios

Lo encontramos en invertebrados acuáticos como la planaria, es un órgano ramificado conformado por un conjunto de células flamígeras, estas células tienen un penacho de grandes cilios en constante movimiento. Los filtrados se canalizan a conductos laterales que terminan en poros excretores que desembocan a ambos lados. La función de este órgano es expulsar el exceso de agua y excretar los desechos.



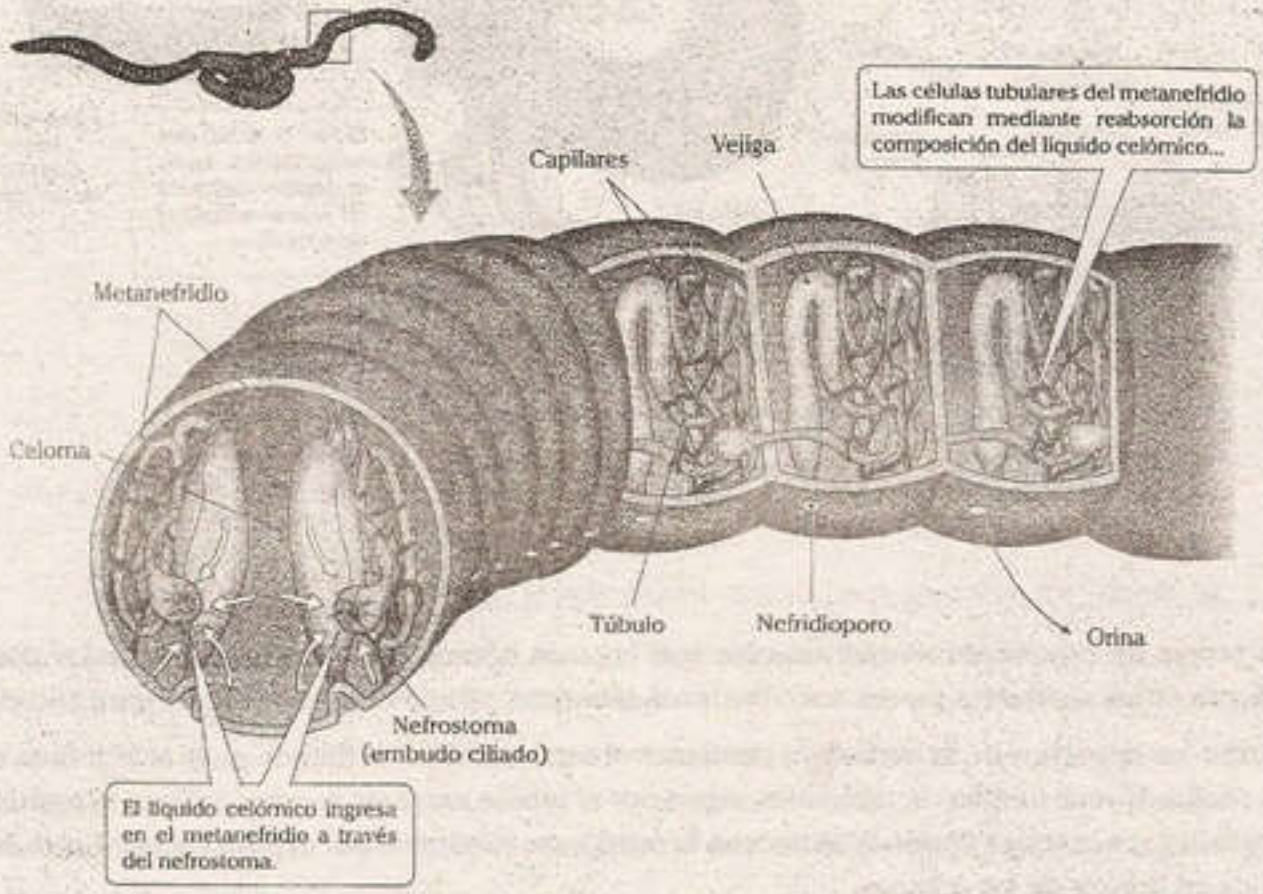
En la planaria, se ve a los lados un sistema de canales. Las células flamígeras son las unidades funcionales de este órgano excretor.

3.2. Metanefridios

Lo encontramos en anélidos como la lombriz de tierra; en esta se cuentan un par de nefridios por cada anillo o metámero excepto en los tres primeros y el último. Están localizados a los lados, se trata de un órgano tubular abierto por los dos extremos; en el extremo inicial encontramos al nefrostoma, se trata de un embudo ciliado en contacto con el celoma desde donde se colecta el líquido celómico o filtrado de los vasos sanguíneos, a medida que avanza por el túbulo ocurren procesos de reabsorción para recuperar agua e iones. La orina formada se almacena en la vejiga y luego se expulsa por el extremo terminal o nefridioporo.

El nitrógeno es excretado por las lombrices en forma de amoníaco y urea, fácilmente asimilable por las plantas. Además las lombrices constituyen por sí mismas una importante reserva de nitrógeno movilizable cuando mueren.

También están en los moluscos. En los gasterópodos es un órgano único, el nefrostoma parte de la cavidad pericárdica ocupada por el corazón, desde este lugar conduce los desechos por un túbulo que desemboca en la cavidad del manto de gasterópodos terrestres o cavidad paleal en gasterópodos acuáticos.



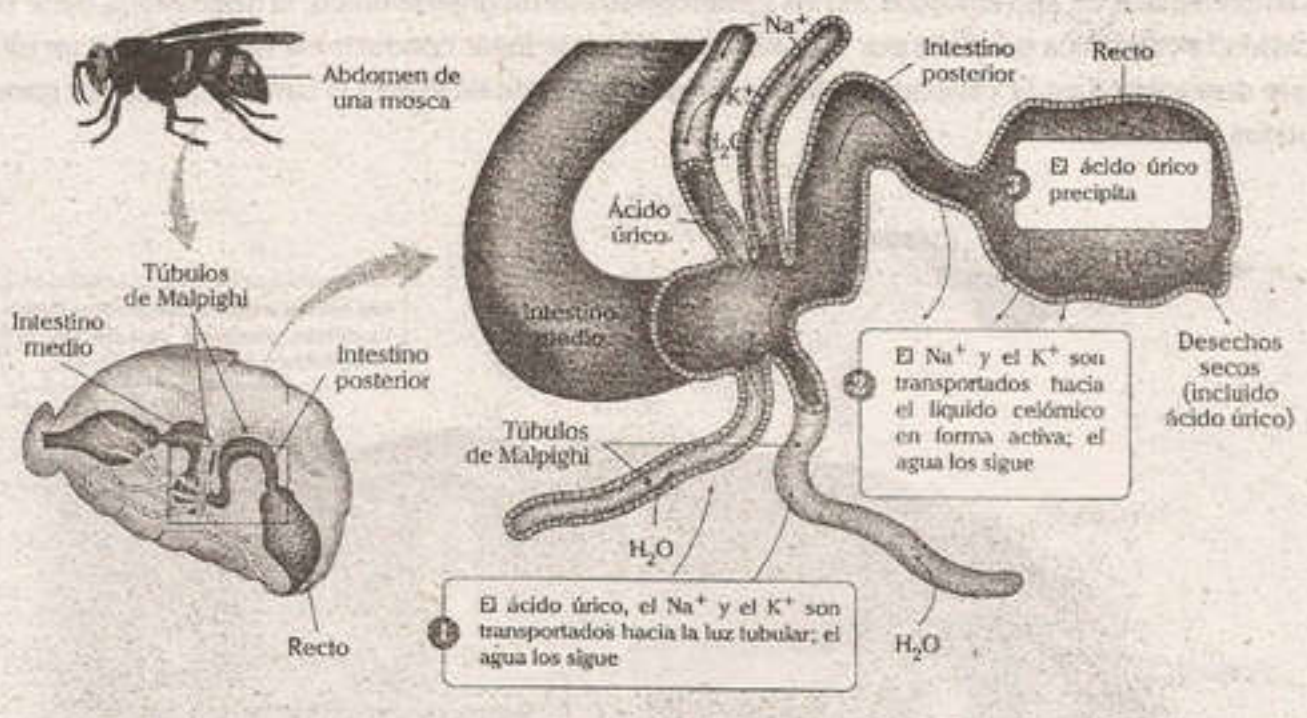
Los anélidos tienen amplias cavidades corporales o celomas llenos de líquido corporal, los metanefridios se encargan de mantenerlos en condiciones adecuadas, retirando los desechos.

3.3. TUBOS LATERALES

Presente en nematodos, uno en cada lado, la parte posterior es ciega y el tubo desemboca en la parte anterior del animal en poros excretores. A través de sus paredes se filtra la linfa del pseudoceloma y con ella los desechos. En algunos nematodos más pequeños la función excretora la desempeñan células glandulares laterales gigantes o células renete.

3.4. TÚBULOS DE MALPIGHI

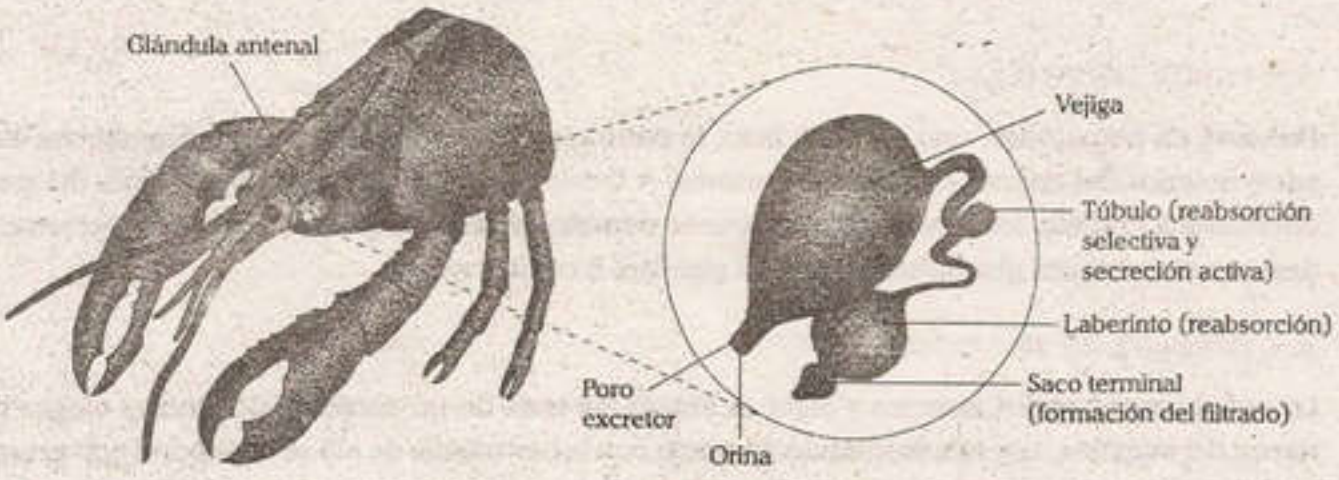
Lo encontramos en los insectos y algunas arañas, se trata de un conjunto de túbulos ciegos que nacen del intestino. Los túbulos toman contacto con la hemolinfa, de allí se transporta activamente el ácido úrico y los iones potasio al interior del túbulo, esto provoca un arrastre de agua; la solución llega al intestino, donde a nivel del recto las glándulas rectales reabsorben los iones potasio y el agua.



3.5. GLÁNDULAS VERDES O GLÁNDULAS ANTENALES

Es propia de crustáceos, evolutivamente son órganos homólogos a los nefridios de los anélidos. Consta de las siguientes partes: saco terminal, laberinto, túbulo excretor, vejiga y poro excretor.

Filtran los desechos de la hemolinfa mediante el saco terminal, el filtrado pasa al laberinto donde se realiza la reabsorción de minerales, sigue por el túbulo excretor donde continúa la reabsorción hasta llegar a la vejiga donde se almacena la orina para eliminarlo por el poro excretor, que desemboca en la base de las antenas.



Los crustáceos tienen dos glándulas verdes a nivel de la región cefálica y desembocan en la base de las antenas.

Es propio de algunas arañas, se consideran nefridios modificados, se tratar. de sáculos localizados en la parte delantera del animal, filtran desechos de la hemolinfa y se abren en la coxa o base de las patas.

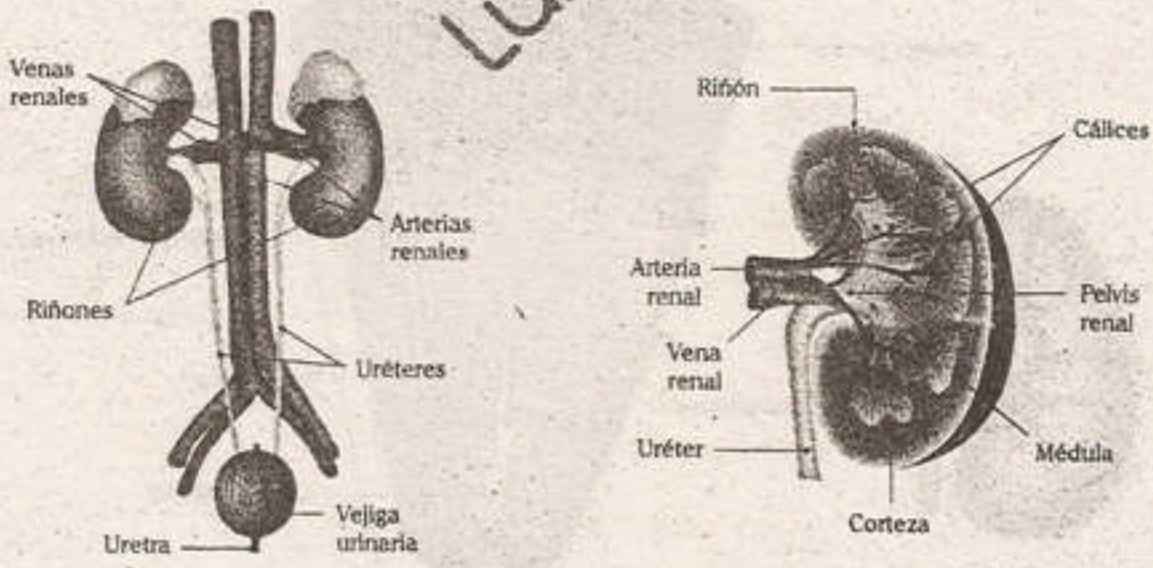
5.7. RIÑONES

Lo encontramos en los vertebrados, que son órganos pares en forma de frijol. Reciben sangre a gran presión de la arteria renal, en esta la sangre se libera de desechos y sale por la vena renal. Las unidades funcionales son las nefronas.

Al corte se observa dos partes: la corteza y la médula. En la corteza se ven los corpúsculos de Malpighi, que resultan de la asociación de glomérulos y cápsulas de Bowman, que son estructuras para la filtración de la sangre. En la médula se aprecian formaciones macroscópicas o pirámides de Malpighi que a nivel microscópico están conformadas principalmente por asas de Henle, implicadas básicamente en la reabsorción de agua. La concentración de solutos en la médula es cuatro veces más que en la corteza, lo que favorece la reabsorción de agua. En conclusión las partes de la nefrona que se ubican en la corteza son: glomérulos, cápsula de Bowman, túbulo contorneado proximal, túbulo contorneado distal. En la médula encontramos al asa de Henle y los tubos colectores. El papel de la corteza es la filtración y de la médula es la reabsorción y con ella la concentración de la orina.

Las nefronas desembocan en los conductos colectores y siguen hacia la pelvis renal; finalmente, la orina sale de cada riñón por el uréter que desemboca en la vejiga. Esta puede almacenar hasta 800 mL de orina, de ahí la orina se conduce por la uretra. En la mujer la uretra es corta y esto explica en parte la mayor probabilidad de infecciones urinarias.

Lumbreras Editores



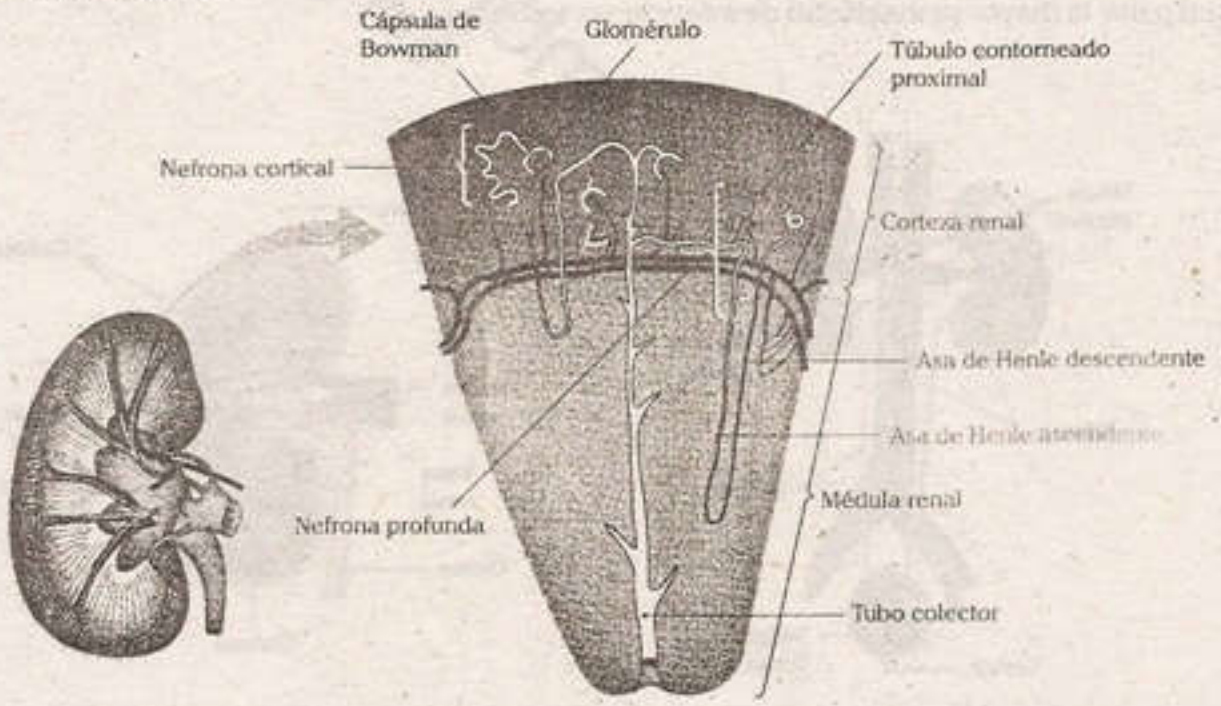
A los dos riñones ingresa sangre arterial cargada de desechos y sale sangre venosa libre de desechos.

Cada día nuestros dos riñones procesan unos 1700 litros de sangre, de este volumen se obtienen unos 180 litros de filtrado que contienen aminoácidos, glucosa, iones como el Na^+, K^+, Cl^- y HCO_3^- (bicarbonato); produciéndose cada día 1,5 litros de orina.

Son estructuras que forman la orina, en cada riñón sano existen alrededor de un millón; el número de nefronas es constante desde el nacimiento. Cada nefrona tiene su propio suministro de sangre, el extremo que recibe a la sangre es la cápsula de Bowman, esta parte envuelve al paquete de capilares o glomérulo y en este momento se forma el filtrado; un factor clave es la alta presión, otro factor es que los capilares del glomérulo tienen un endotelio fenestrado que presenta pequeños poros y lo convierte en los capilares más permeables en todo el organismo. El glomérulo más la cápsula de Bowman forman el corpúsculo renal o corpúsculo de Malpighi. El resto de la nefrona se divide en tres segmentos: túbulo contorneado proximal, asa de Henle y túbulo contorneado distal. Varias nefronas desembocan en el tubo colector, ellas participan en la última etapa logrando la concentración de la orina. La orina de varios tubos colectores van a la pelvis renal y de este al uréter.

Se observan dos tipos de nefronas: corticales y profundas. Las nefronas corticales en el riñón humano representan un 85% y las nefronas profundas o yuxtaglomerulares el 15%, este último tiene glomérulos más grandes y asas de Henle más largas.

PARTES DE LA NEFRONA



Las partes de la nefrona en secuencia son las siguientes: cápsula de Bowman, túbulo contorneado proximal, asa de Henle descendente, asa de Henle ascendente y túbulo contorneado distal.

HISTOLOGÍA DE LA NEFRONA

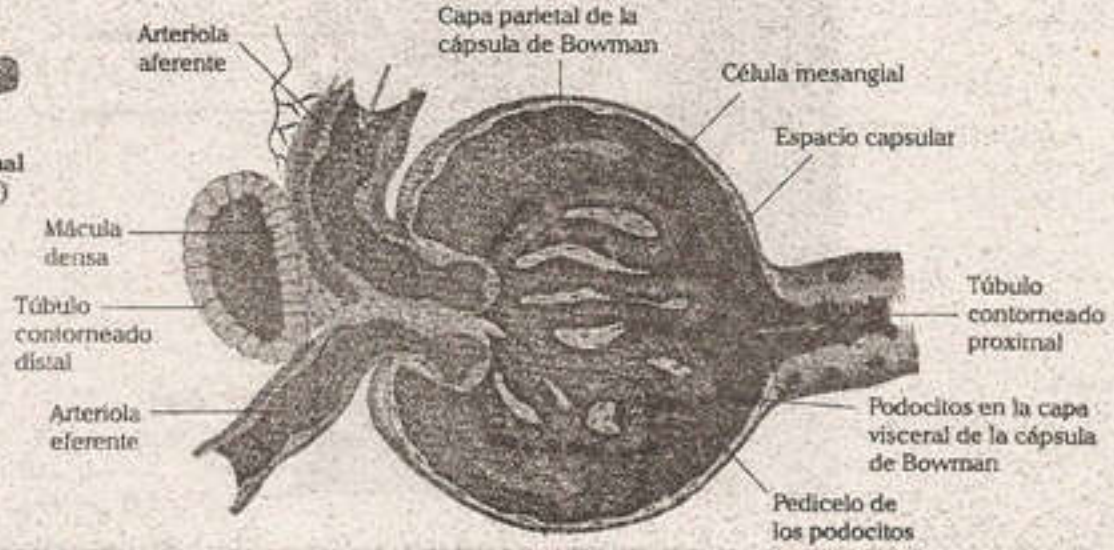
Segmento	Histología	Importancia
Cápsula de Bowman	Epitelio simple, la cara en contacto con el glomérulo presenta a los podocitos (células con proyecciones digitiformes o pedicelos que rodean a los capilares).	Facilitan el filtrado.
Túbulo contorneado proximal	Epitelio simple de células cúbicas con microvellosidades y muchas mitocondrias.	Facilitan la reabsorción de agua, glucosa, aminoácidos e iones.
Asa de Henle	El asa descendente es un epitelio simple y plano, sin microvellosidades y con pocas mitocondrias. El asa ascendente es un epitelio simple, de paredes gruesas y con muchas mitocondrias.	El asa descendente permite la reabsorción de agua y el asa ascendente reabsorbe activamente Na^+.
Túbulo contorneado distal	Epitelio cúbico simple de células sin microvellosidades.	Su función principal es la secreción.

4. Proceso de formación de la orina

4.1. Filtración o diálisis

Se da entre el glomérulo y la cápsula de Bowman, consiste en el paso de agua y algunas moléculas pequeñas desde los capilares glomerulares; se forma un filtrado que contiene agua, glucosa, aminoácidos e iones, no deben filtrarse moléculas grandes como las proteínas, si esto ocurre indica que hay daño renal. El filtrado es similar al plasma pero sin proteínas, cada 45 minutos se forman unos 5 litros de filtrado, en un día se forman unos 180 litros de filtrado en varones y 150 en mujeres. Entre los capilares del glomérulo se encuentran las células mesangiales, que regulan el flujo de la sangre al contraerse y ajustar el diámetro de los capilares.

Corpúsculo renal (vista externa)



Corpúsculo renal (vista interna)

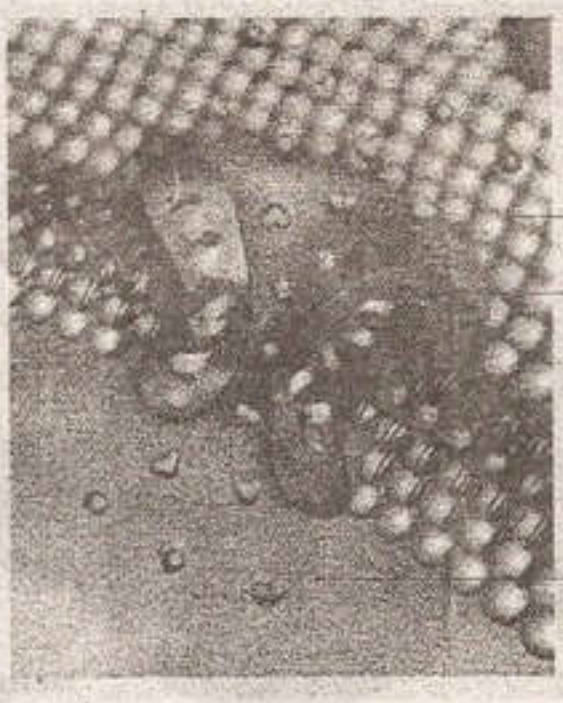
4.2. REABSORCIÓN

Se trata de la recuperación de moléculas útiles como la glucosa, vitaminas, aminoácidos, iones y agua. De no realizarse este proceso el cuerpo estaría perdiendo nutrientes, minerales y agua en grandes cantidades. La reabsorción es un proceso activo y demanda energía, solo el agua se recupera de manera pasiva por ósmosis. La permeabilidad al paso del agua se debe a unos canales acuosos formados por las acuaporinas que son proteínas abundantes en los túbulos contorneado proximal y asa descendente de Henle.

En el túbulo proximal hay una intensa de reabsorción, se bombea Na^+ y Cl^-, y estos arrastran al agua; también nutrientes como la glucosa son recuperados en un 100%, en esto intervienen receptores para glucosa de las células con microvellosidades. Si el nivel de glucosa sanguínea es muy alto como es el caso de los diabéticos, entonces ya no se puede reabsorber el 100% y una parte sale con la orina arrastrando agua, esta es la razón por la cual las personas diabéticas sienten más sed y orinan con mayor frecuencia.

Una parte importante de agua se reabsorbe en la rama descendente del asa de Henle, esto debido a que el medio intersticial de la médula renal que rodea al asa de Henle es hipertónico (alta concentración de ClNa y urea), lo cual atrae al agua, este mismo mecanismo permite que a nivel de conducto colector se reabsorba agua, concentrando a la orina. Otro aspecto a tomar en cuenta es que todos los segmentos de la nefrona están rodeadas de capilares peritubulares, de modo que lo reabsorbido se canaliza rápidamente a la sangre. Se reabsorbe alrededor de 99% del filtrado, el 65% ocurre en el túbulo contorneado proximal.

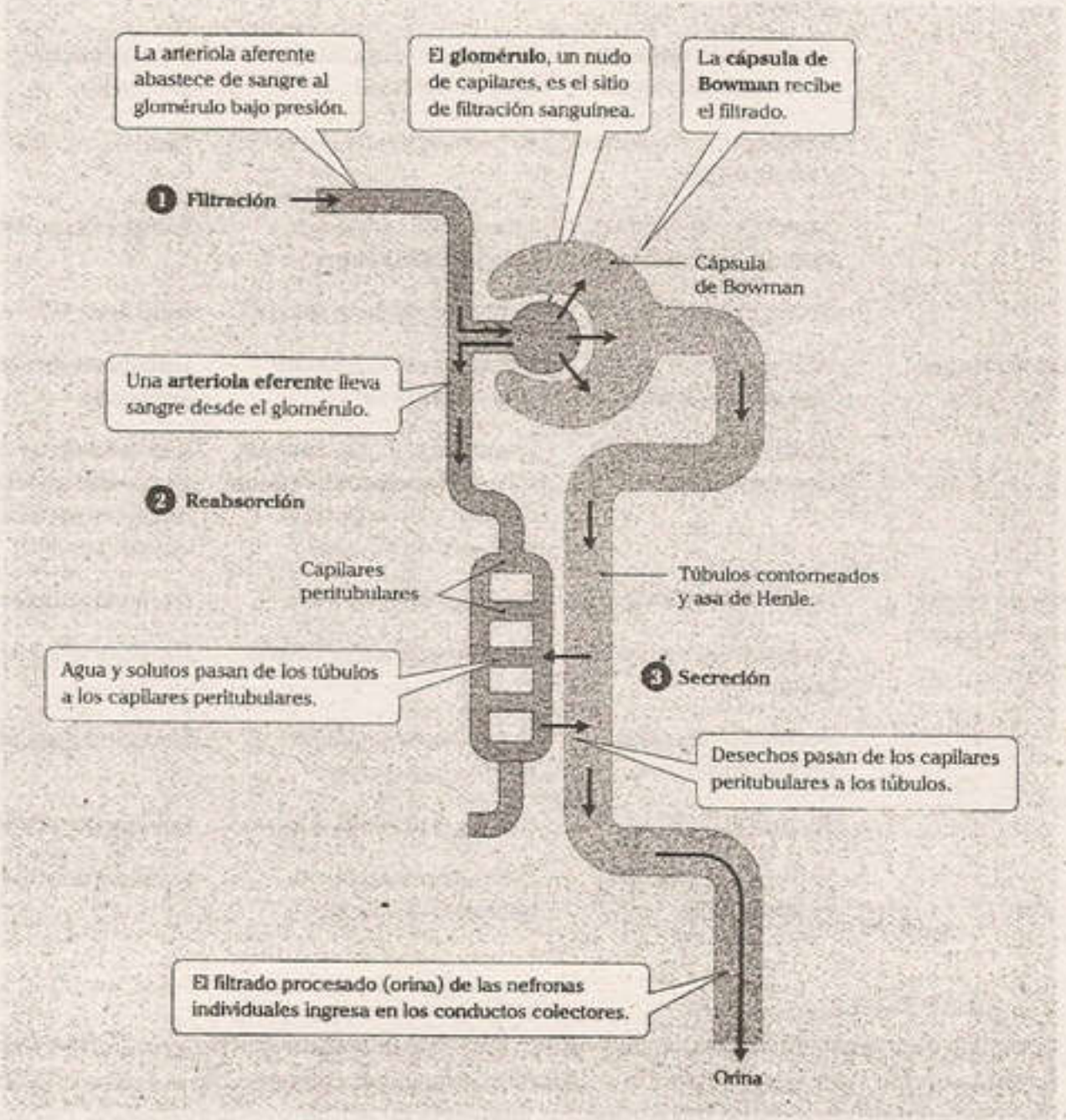
Como es de esperar en el filtrado hay urea, se supone que se debe eliminar el 100%, sin embargo se reabsorbe el 50% al líquido intersticial y de allí una parte vuelve a la sangre.



Las acuaporinas son proteínas integrales transmembranosas que forman canales para el transporte rápido de agua.

4.3. SECRECIÓN

Ocurre en los túbulos contorneados proximal y distal, principalmente en el distal, mediante esta actividad se depura de la sangre desechos, drogas, medicamentos e iones que se encuentran en exceso; se secretan iones K^+, H^+ y $NH4^+$ hacia el filtrado y cuando la sangre se hace demasiado ácida se secretan más iones H^+. Es una segunda opción que tiene el organismo durante la producción de la orina, de eliminar sustancias presentes en la sangre como ácido úrico, amoníaco y creatinina.



El contacto y la relación de intercambio entre los capilares que conducen la sangre y la nefrona que forma la orina es permanente.

LAS NEFRONAS Y EL PROCESO DE LA FORMACIÓN DE LA ORINA			
Parte de la nefrona	Actividad	Importancia	Mecanismo
Cápsula de Bowman	Filtración, recibe el filtrado glomerular	Formación del filtrado	Presión sanguínea, ósmosis y difusión
Túbulo contorneado proximal (TCP)	Reabsorción de ClNa	Recuperación de iones	Transporte activo
	Reabsorción de bicarbonato	Regula el pH de la sangre	Transporte pasivo
	Reabsorción de la mayor cantidad de agua	Conservar el equilibrio hídrico corporal	Transporte pasivo (ósmosis)
	Reabsorción de glucosa y aminoácidos	Recuperación de nutrientes	Transporte activo
	Secreción de residuos tóxicos como amoníaco	Evitar acumulación de tóxicos en la sangre	Transporte activo
	Secreción de H^+	Regula el pH de la sangre	Transporte activo
Asa de Henle	Reabsorción de agua (asa descendente)	Conservar el equilibrio hídrico corporal	Transporte pasivo (ósmosis)
	Reabsorción de ClNa (asa ascendente)	Mantener una alta concentración de solutos alrededor del asa, para facilitar la reabsorción de agua	Transporte pasivo en la parte inferior y transporte activo en la parte superior
Túbulo contorneado distal (TCD)	Reabsorción de ClNa	Recuperación de iones	Transporte activo
	Reabsorción de bicarbonato	Regula el pH de la sangre	Transporte activo
	Secreción de residuos tóxicos como amoníaco	Evitar acumulación de tóxicos en la sangre	Transporte activo
	Secreción de H^+	Regula el pH de la sangre	Transporte activo
	Secreción de drogas y medicamentos	Evitar acumulación de tóxicos en la sangre	Transporte activo

Conducto colector

Completa el proceso de formación de la orina mediante la reabsorción de agua, ClNa y urea. En esta porción también se realiza la reabsorción facultativa, por ejemplo si estamos deshidratados aumenta la reabsorción debido a la influencia de la hormona antidiurética. La orina humana puede ser cuatro veces más concentrada que el plasma sanguíneo. La función del conducto colector es concentrar la orina.

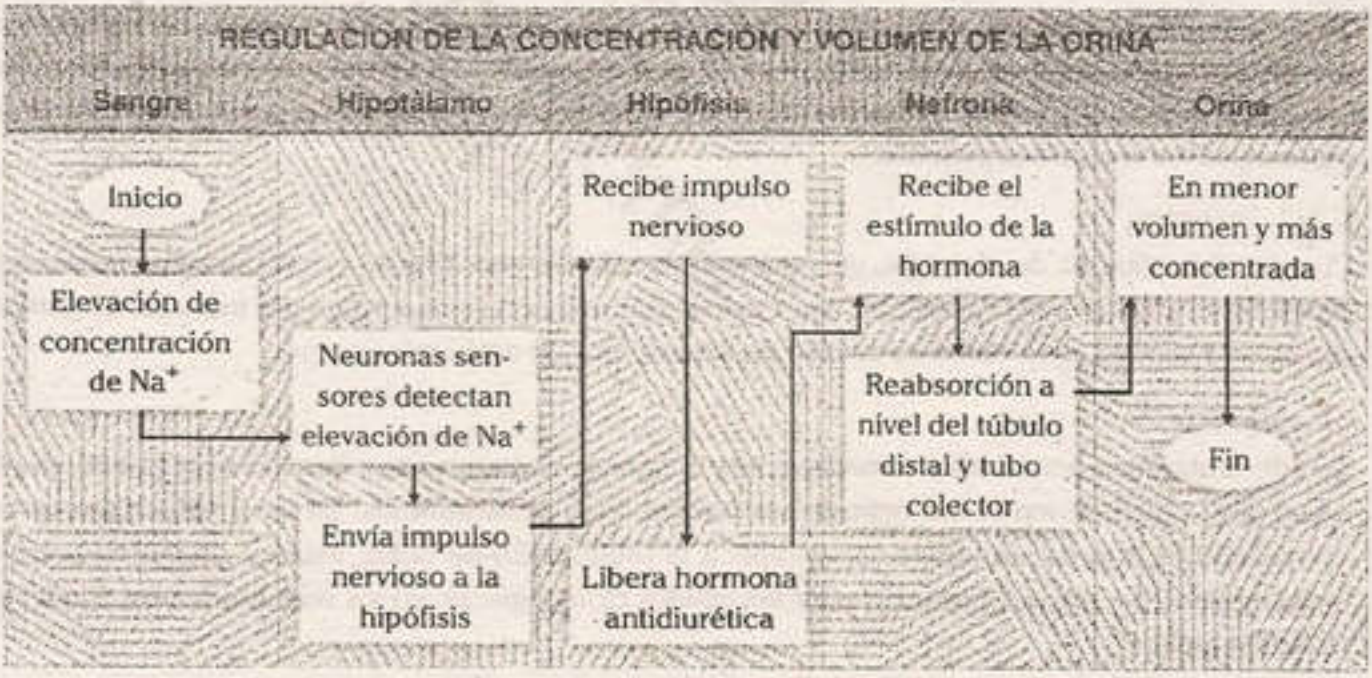
Regulación de la diuresis

Si hay un aumento de solutos en la sangre es detectado por neuronas sensores del hipotálamo, inmediatamente se generan impulsos nerviosos que activan el centro de la sed del hipotálamo y otros que activan a la hipófisis para la liberación de la hormona antidiurética.

Cuando nuestro organismo está amenazado por un desbalance, entra en acción la hormona antidiurética (HAD). Si hay necesidad de agua la hormona influye sobre las nefronas para una mayor reabsorción de agua; si la concentración de solutos es baja en nuestros líquidos corporales, disminuye la reabsorción y se elimina el exceso de agua.

La elevación de solutos se da en situaciones de deshidratación; por ejemplo, en la sudoración excesiva vemos que la orina es más escasa y oscura. La situación de una disminución de solutos corporales puede darse cuando se bebe mucha agua. Un metabolito de la hemoglobina, el urobilinógeno, le otorga a la orina el característico color amarillo.

En el humano el proceso de micción está relacionado al control de dos esfínteres de la vejiga en contacto con la base de la uretra. Uno de ellos es un músculo liso, de control inconsciente, a cargo del sistema nervioso autónomo que se abre al llenarse la vejiga, y el otro es un músculo esquelético, controlado de manera consciente por el sistema nervioso voluntario que envía señales al tronco encefálico y corteza cerebral. En algunas personas se presenta la llamada "vejiga tímida", no pueden orinar en presencia de otras personas; en estos casos el sonido de agua estimula la micción.



Las adaptaciones de los animales para conservar el agua corporal

Los animales que viven en ambientes con escasa disponibilidad de agua tienen nefronas con asas de Henle más largas, los que habitan en ambientes con abundancia de agua tienen nefronas con túbulos renales más cortos y con glomérulos más grandes para facilitar la filtración.

6.1. PLATELMINTOS

El grupo más representativo son los turbelarios, donde destaca la planaria, su cuerpo aplanado y el medio acuático le dan las facilidades para desprenderse de los desechos como el amoníaco, que se elimina principalmente por la epidermis; otro problema a resolver es la osmorregulación, para lo cual cuenta con protonefridios, considerados los órganos excretores más simples y primitivos.

6.2. MOLUSCOS

La mayoría son animales acuáticos y muchos producen amoníaco, lo cual se elimina por difusión por las branquias, pero sus órganos excretores son los metanefridios considerados como "riñones de invertebrados", estos se encargan de mantener en buen estado la hemolinfa que es la "sangre de los invertebrados". En los gasterópodos terrestres los desechos pueden ser urea e incluso ácido úrico, este último sobre todo en especies que viven en ambientes secos.

6.3. ARTRÓPODOS

6.3.1. Arácnidos

Tienen túbulos de Malpighi y glándulas coxales. Las arañas pueden vivir con muy poca agua y producen desechos nitrogenados, altamente concentrados con cristales de guanina.

6.3.2. Crustáceos

Tienen glándulas antenales o glándulas maxilares, como en muchos invertebrados las branquias son órganos por donde difunden desechos como el amoníaco. En crustáceos de agua dulce las branquias captan sales mediante transporte activo. Los órganos excretores tienen una función principalmente en la osmorregulación.

6.3.3. Insectos

Cuentan con túbulos de Malpighi, desembocan en el intestino, al final es una ventaja para la supervivencia en ambientes donde el agua es escasa, pues en la parte final del intestino se puede reabsorber todo el agua como es el caso de los insectos de ambientes secos.

6.4. ANÉLIDOS

Son de ambientes acuáticos y terrestres. Los acuáticos excretan amoníaco, lo cual puede eliminarse por la piel, tienen como órganos excretores a los metanefridios. En los anélidos terrestres el desecho es la urea, su eliminación implica la producción de orina, esta es elaborada por los metanefridios. La urea es producida por las células cloragógenas, en los vertebrados este papel lo realiza el hígado.

6.5. EQUINODERMOS

No tienen órganos excretores específicos, producen amoníaco como desecho, lo cual se elimina por la superficie corporal a través de las pápulas branquiales, por medio de las cuales también respiran.

6.6. VERTEBRADOS

Presentan riñones, estos órganos muestran algunas diferencias en su estructura interna lo cual revela una progresión evolutiva.

Lumbreras Editores

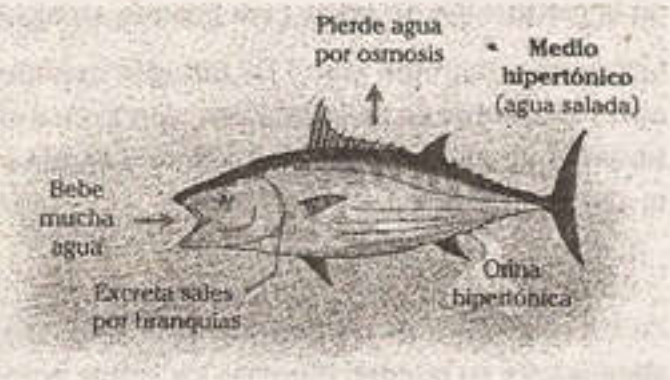
Vertebrados	Tipo de riñón	Descripción
Embriones y algunos peces	Pronefros	Riñones largos y delgados. Sus unidades funcionales son nefronas primitivas con embudos ciliados o nefrostomas funcionales, sin cápsula de Bowman.
Peces Anfibios	Mesonefros u opistonefros	Los riñones son largos y delgados. Sus unidades funcionales son nefronas intermedias con rezagos de nefrostomas y presencia de cápsula de Bowman. Desaguan por los conductos de Wolf en la cloaca. Los conductos de Wolf también llevan el esperma procedente de las gónadas del macho.
Reptiles	Metanefros	Los riñones contienen nefronas evolucionadas. Los riñones desaguan la orina con uréteres, se almacenan en la vejiga y se expulsan al exterior mediante la cloaca.
Aves		Los uréteres desembocan en la cloaca y no tienen vejiga.
Mamíferos		Los uréteres llevan la orina a la vejiga.

6.6.1. Peces

Peces de agua salada

Al vivir en un medio hipertónico, el pez pierde agua por la piel y las branquias permanentemente y se deshidrata; para recuperar agua el pez bebe agua salada y para evitar la acumulación de sales en los fluidos corporales las branquias actúan como desalinizadores expulsando sal mediante transporte activo. Evitar la salinización de los fluidos es también un trabajo de los riñones que en este caso producen poca orina con alto contenido de sales (hipertónica). Los peces marinos presentan glomérulos pequeños, lo que reduce la cantidad de filtrado y esto explica la poca producción de orina.

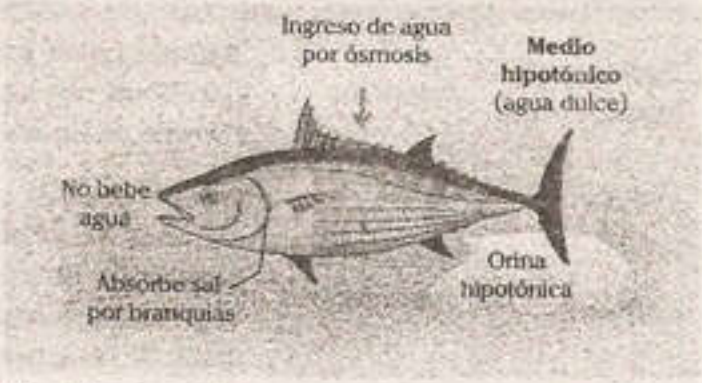
Los peces cartilaginosos, como los tiburones y rayas, son peces marinos pero no están sometidos a la deshidratación, tienen una buena adaptación al medio marino debido a que tienen líquidos corporales hipertónicos, en realidad la cantidad de sales en sus cuerpos es menor que el agua marina, pero contienen una elevada cantidad de urea y óxido de trimetilamina en la sangre que contribuyen al factor hipertónico, sin afectar sus funciones. Para mantener límites adecuados de sal en su cuerpo y evitar el exceso lo excretan por las glándulas salinas rectales. Los líquidos corporales hipertónicos provocan entrada de agua al cuerpo y esto lo resuelven con la producción de grandes volúmenes de orina.



El problema para el pez de agua salada es conservar suficiente agua en su cuerpo y expulsar el exceso de sales.

Peces de agua dulce

Sus fluidos corporales concentran mayor cantidad de soluto que el agua dulce donde viven; la mayor concentración de solutos provoca la penetración del agua a través de su piel y principalmente por sus branquias, esta amenaza contra su vida por dilución de sus fluidos corporales es contrarrestada por sus riñones, que se esfuerzan por producir abundante orina diluida lo que implica un trabajo para retener las sales. Estos peces nunca beben agua. Como los iones (Na^+, Cl^-) son vitales para la vida de los animales, estos además de obtenerlos con los alimentos lo consiguen por captación activa a nivel de las branquias, mediante las células del cloro.



El problema para el pez de agua dulce es evitar la acumulación de agua en su cuerpo y retener una cantidad suficiente de sales.

6.8.2. Anfibios

Las larvas y los adultos acuáticos excretan por lo general amoníaco. Los adultos terrestres excretan urea, esto implica que durante el desarrollo o metamorfosis del anfibio hay cambios fisiológicos y pasan de una producción de amoníaco a urea. Su piel es altamente permeable, puede absorber agua y en algunas especies captar sales mediante transporte activo.

6.8.3. Reptiles

Las razones por las cuales pueden vivir en ambientes secos son las siguientes: sus embriones se desarrollan protegidos por membranas y huevos con cáscara, al nacer su piel tiene escamas que evita la deshidratación y producen orina con ácido úrico que requiere poca agua para su eliminación. Durante el desarrollo embrionario, el embrión posee una cámara de la membrana alantoides, en la cual se acumulan los desechos nitrogenados, de este modo no se intoxica con su propio desecho. La capacidad de ahorrar agua en los reptiles se debe a sus riñones altamente eficientes en la producción de orina, concentrada en algunos casos es una pasta semisólida.

Los reptiles marinos, como las tortugas marinas, tienen glándulas de la sal sobre cada uno de sus ojos y desembocan en las narinas, con lo cual excreta al exterior el exceso de sal que circula en su sangre. Las glándulas de sal funcionan eliminando el cloruro de sodio ingerido con el alimento y el agua que beben.

6.8.4. Aves

En los embriones de reptiles y aves el ácido úrico se concentra en un saco extracorporal llamado alantoides y se pueden apreciar los restos como cristales en el cascarón luego de la eclosión. La sustancia blanca en las heces de las aves es ácido úrico. En aves la ausencia de vejiga urinaria contribuye al bajo peso corporal que es decisivo para el vuelo.

En aves marinas las glándulas de la sal se encuentran en la base del pico y desembocan en la narina; pingüinos y gaviotas estornudan o sacuden la cabeza para liberarse de las gotas muy saladas excretadas por sus glándulas.

La sangre arterial llega a las glándulas donde se retira el exceso de la sal, la glándula actúa como un desalinizador.

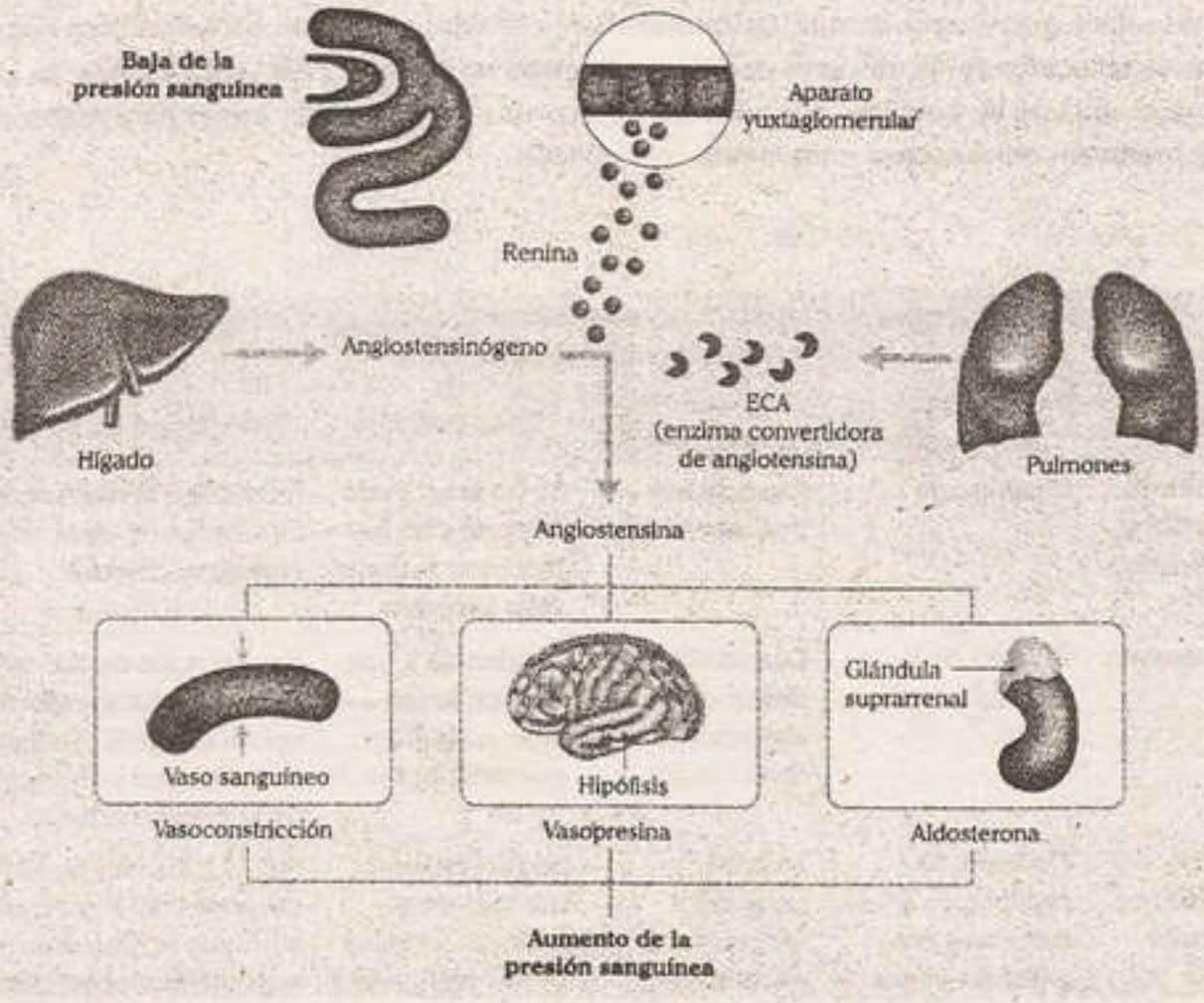
Junto con las aves se caracterizan por tener riñones que conservan agua y pueden producir orina altamente concentrada. La orina producida por los riñones es almacenada en la vejiga antes de su eliminación. Las ballenas y delfines ingieren agua de mar y producen orina muy concentrada, mucho más salada que el agua de mar. Un mamífero con riñones altamente eficientes para conservar agua es la rata canguro del desierto de Arizona, pueden no beber durante toda su vida, se abastecen con el agua de las semillas, sus nefronas tienen asas de Henle muy largas para reabsorber el agua y producen orina escasa y altamente concentrada.

SISTEMA HORMONAL Y ENZIMÁTICO PARA CONTROLAR LA CANTIDAD PRECISA DE AGUA Y SAL SANGUÍNEA

Hormona	Lugar de producción	Situaciones en las cuales actúa	Caso práctico	Resultados de su acción
Antidiurética (HAD) o vasopresina	Hipotálamo	Cuando hay deshidratación	Se ha practicado deporte y ha habido una sudoración excesiva.	Intensifica la reabsorción facultativa de agua en el conducto colector.
Aldosterona	Corteza de la glándula suprarrenal	Cuando hay déficit de Na^+ y elevación de K^+ en la sangre.	Tendencia a una baja de la presión sanguínea por deficiencia de Na^+.	Reabsorción de Na^+ en el TCD y conducto colector, secreción de K^+, reabsorción de agua y elevación de la presión arterial.
Péptido natriurético auricular (PNA)	Corazón. Se producen y se almacenan como gránulos en las fibras cardiacas auriculares.	La presión sanguínea está elevada, por aumento de volumen sanguíneo.	Se ha consumido alimentos salados, se eleva el Na^+ sanguíneo y hay más agua corporal.	Relaja a las células mesangiales del glomérulo, aumenta la filtración, suprime la reabsorción de Na^+ y agua incrementando la diuresis.

SISTEMA HORMONAL Y ENZIMÁTICO PARA CONTROLAR LA CANTIDAD PRECISA DE AGUA Y SAL SANGUÍNEA

Hormona	Lugar de producción	Situaciones en las cuales actúa	Caso práctico	Resultados de su acción
Renina (es una enzima)	Riñón. Células granulares o yuxtaglomerulares de los corpúsculos renales	Ante una caída de la presión arterial, detectado a nivel del glomérulo.	A causa de una hemorragia o deshidratación severa, ha caído el volumen sanguíneo y la presión sanguínea.	Activa a la proteína plasmática angiotensinógeno y la convierte en angiotensina I.
Angiotensina II	En el pulmón, la angiotensina I es convertida en angiotensina II.			Estimula la liberación de aldosterona, vasopresina, la reabsorción de Na^+ y agua en el TCP para aumentar el volumen sanguíneo y la presión.



El sistema renina - angiotensina - aldosterona es un sistema hormonal responsable del equilibrio hídrico-electrolítico así como de la presión arterial.

El riñón, como glándula endocrina, tiene al aparato yuxtaglomerular conformado principalmente por células granulares o yuxtaglomerulares que tapizan la arteriola aferente que conduce al glomérulo, y participan en la regulación de la presión arterial a través de la secreción de la enzima **renina**. También presenta las células mesangiales que secretan **eritropoyetina**, hormona que estimula a nivel de la médula ósea la producción de eritrocitos. Además tenemos a las células de la mácula densa, que son parte del epitelio del túbulo contorneado distal en contacto con el glomérulo, que influyen regulando la tasa de filtración. Por último, están las células mesangiales, que al contraerle reducen el volumen del glomérulo controlando la filtración.

Los riñones también participan en la regulación del pH sanguíneo, si hay acidosis en la sangre entonces hay excreción de H^+ y reabsorción de HCO_3^-; cuando hay alcalosis se elimina HCO_3^- y se retiene H^+. La excreción y la reabsorción se dan entre los túbulos de la nefrona y los capilares que lo rodean. Normalmente, la orina es ligeramente ácida debido a la presencia de H^+, parte de ella se une al NH_3 a nivel de los túbulos renales y aparece en la orina como NH_4^+. Las dietas proteicas aumentan la acidez de la orina, las vegetarianas aumentan la alcalinidad.

- CAMPBELL, Neil A. y Jane B. REECE. *Biología*. Sétima Edición. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2007.
- MADER, Sylvia. *Biología*. Novena edición. México: McGraw-Hill Interamericana, 2008.
- PURVES, Bill; HELLER, Craig; ORIANS, Gordon; SADAVA, David y David HILLIS. *Vida, la ciencia de la biología*. Octava edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2009.
- SOLOMON, E.; BERG, L.; MARTIN, D. y C. VILLEE. *Biología*. Octava edición. México: McGraw-Hill Interamericana, 2008.

Lectura

Insuficiencia renal crónica

Se trata de la disminución gradual y progresiva de la capacidad filtradora de los riñones a causa de daños irreversibles en el tejido renal. La pérdida de la función renal puede tardar meses o años, casi no se presentan síntomas y cuando se manifiestan ya es tarde, en este momento se ha perdido el 90% de la capacidad del riñón y en estas condiciones no puede eliminar los desechos y el exceso de líquidos, y solo queda la diálisis o el trasplante renal.

Síntomas: debilidad y sensación de cansancio, excesiva sensibilidad al frío en invierno, pérdida de apetito, náuseas, vómitos, visión borrosa, dolor de cabeza, mareos y pérdida de la capacidad de pensar en forma clara, ardor al orinar, dolor agudo a los costados por unos cinco minutos, entumecimiento de las manos y los pies, sed excesiva, poco interés sexual o impotencia, comezón de la piel, poliuria o nicturia.

Causas: la diabetes y la hipertensión arterial son las responsables de la mayoría de los casos, glomerulonefritis por infecciones de estreptococos, enfermedades autoinmunes como el lupus eritematoso sistémico, las enfermedades cardiacas crónicas, obstrucciones urinarias crónicas por cálculos también están asociados el consumo frecuente de analgésicos como el Ibuprofeno y Diclofenaco, la frecuencia es mayor después de los 60 años.

Prevención y hábitos saludables: beber agua unos 2 a 2,5 litros de agua por día, consumir alimentos con poca sal, menos grasas, azúcar y pocas carnes rojas, hacer ejercicio con frecuencia, evitar el tabaco y de consumir alcohol beber con moderación. Si tenemos parientes con diabetes, hipertensión o enfermedades renales crónicas debemos tener controles frecuentes de funcionamiento renal.

Se puede también rescatar la propiedades de algunas plantas medicinales que mediante un consumo cultural moderado pueden contribuir a la eliminación de desechos actuando como depurativos, evitando la formación de cálculos renales y previniendo la degeneración del riñón, entre ellas tenemos: ortiga (consumida como té de ortiga, es un desinflamante de las vías urinarias), chancapiedra (eliminación de cálculos renales e inhibición de la formación de nuevos cálculos), piña (reconocido por su capacidad diurética y depurativa), cáscara de papa (diurético y contribuye a la eliminación de los cálculos renales), boldo (diurético, contribuye a eliminar los desechos de la sangre), cola de caballo (diurético, contribuye a eliminar el exceso de líquidos del organismo) y cabello de choclo (desinflama las vías urinarias y facilita la expulsión de la orina).

Preguntas resueltas

Pregunta 1

De acuerdo al tipo de desechos que elimina, indicar un organismo amoniotélico.

A) pelícano
B) rata canguro
C) cucaracha
D) camarón
E) tiburón

Resolución

Los principales desechos nitrogenados son: el amoníaco, la urea y el ácido úrico. A los organismos que eliminan amoníaco se les denomina amoniotélicos. El amoníaco es un gas altamente tóxico, por lo cual debe ser rápidamente eliminado del organismo al medio ambiente. En cuanto a su estructura molecular es la más simple y en cuanto a su propiedad física es altamente soluble en el agua, por lo cual el medio acuático es un medio excelente para su eliminación y esto explica que sea el desecho producido principalmente por invertebrados acuáticos como el camarón.

Clave D

Pregunta 2

Tomando en cuenta la relación de concentración de solutos entre el organismo y su medio, son organismos isoosmóticos

A) los invertebrados marinos.
B) los peces marinos.
C) los peces dulceacuícolas.
D) la larva de anfibios.
E) los anfibios adultos.

Resolución

Las primeras formas de vida surgieron en el mar, es lógico que la salinidad de los primeros seres vivos haya sido prácticamente igual al medio marino. Con la evolución, su medio interno se fue diferenciando del medio marino, se fue especializando, fueron surgiendo nuevas reacciones metabólicas, la composición iónica tenía que ser diferente. Sin embargo, a pesár de los millones de años de evolución, algunos organismos mantienen una relación estrecha con el medio marino, es el caso de los invertebrados marinos, cuyos fluidos corporales tienen prácticamente la misma composición iónica que el agua marina.

Clave A

Pregunta 3

El túbulo contorneado proximal tiene una estructura adaptada para la reabsorción. Sus células cilíndricas tienen ....., para aumentar la superficie de reabsorción, y abundantes ....., para el aporte de ATP en el transporte activo.

A) microvellosidades - mitocondrias
B) cilios - ribosomas
C) flagelos - cilios
D) capilares - mitocondrias
E) cilios - glucosas

Resolución

Los procesos de la formación de la orina son filtración, reabsorción y secreción. La filtración ocurre a nivel del corpúsculo renal o corpúsculo de Malpighi, el producto es el filtrado; este filtrado contiene algunos productos útiles

Lumbreras Editores

como: glucosa, aminoácidos e iones los cuales deben ser recuperados o reabsorbidos, esto se realiza principalmente en el túbulo contorneado proximal. Para una función más efectiva, el epitelio cilíndrico del túbulo contorneado proximal presenta células con microvellosidades con lo cual se amplía la superficie de absorción y como hay mucho trabajo para estas células ellas tienen abundantes mitocondrias.

Clave A

Pregunta 4

Cuando hay déficit de agua y la osmolaridad de los líquidos aumenta, la señal que informa al riñón que debe retener agua y producir orina concentrada es la hormona

A) epinefrina.
B) aldosterona.
C) vasopresina.
D) oxitocina.
E) renina.

Resolución

Cuando hay deshidratación, los líquidos corporales tienen una mayor osmolaridad, es decir, una mayor concentración de sales, esta situación es detectada por células nerviosas receptoras del hipotálamo y en seguida envían un impulso nervioso a la hipófisis o glándula pituitaria; esta glándula libera desde su lóbulo posterior a la hormona antidiurética o vasopresina, la cual vía sangre llega a los riñones provocando la retención de agua y reduciendo el volumen de orina. Su acción es a nivel del tubo colector, en el cual se estimula la reabsorción facultativa de agua y, en consecuencia, la producción de una orina escasa y concentrada.

Clave C

Pregunta 5

En la formación de la orina participan diversas estructuras, la culminación del proceso de elaboración de la orina se da a nivel del(la)

A) asa de Henle ascendente.
B) túbulo contorneado distal.
C) cápsula de Bowman.
D) tubo colector.
E) pelvis renal.

Resolución

Para la formación de la orina se dan tres mecanismos básicos: filtración, reabsorción y secreción. El proceso comienza con el mecanismo de filtración y la formación del filtrado, este representa un volumen de 180 litros en 24 horas, no sería posible que todo este volumen se elimine como orina, entonces lo que evita esto es el mecanismo de reabsorción. Se reabsorbe un 65 % del filtrado en el túbulo contorneado proximal, el resto en el asa descendente de Henle y, por último, en el tubo colector. Este último tiene la función de concentrar la orina y culmina el proceso de formación con la reabsorción de agua, sales y urea.

Clave D

Pregunta 6

Las aves y reptiles marinos cuentan con las ..... para eliminar el exceso de sal que circula en su sangre.

A) células del cloruro
B) bolsas de Fabricio
C) glándulas de la sal
D) células flamígeras
E) glándulas rectales

Lumbreras Editores

Resolución

El medio marino tiene una alta concentración de sales, pocos organismos tienen en su interior tantas sales como el medio marino, como ejemplo podemos mencionar a los invertebrados marinos, el resto de organismos incluyendo a los peces tienen líquidos corporales con menos sal que el medio marino. Las aves y reptiles marinos también deben mantener menos sal en sus líquidos corporales y para eliminar el exceso cuentan con órganos desalinizadores llamados glándulas de la sal, estos órganos se encargan de extraer el exceso de la sal sanguínea y desembocan en la narina.

Pregunta 7

Los peces osteíctios marinos ..... por la piel y las branquias, mientras que los osteíctios dulceacuícolas ..... .

A) captan sales - los liberan
B) pierden agua - los ganan
C) absorben agua - los pierden
D) liberan sales - liberan agua
E) captan agua - lo liberan

Resolución

El medio marino es un medio hipertónico, los peces pierden agua permanentemente por la piel y las branquias, compensan la pérdida de agua bebiendo agua salada y eliminando el exceso de la sal en las branquias mediante un bombeo activo. Los osteíctios de agua dulce viven en un medio hipotónico y ganan permanentemente agua por la piel y las branquias, para evitar exceso de agua corporal, eliminan grandes cantidades de orina, su riñón está adaptado para un filtrado rápido y de grandes volúmenes.

Pregunta 8

El riñón tiene también una función endocrina a través de la producción de la hormona eritropoyetina en el aparato yuxtaglomerular, esta se encuentra a nivel de(l) (la)

A) túbulo contorneado proximal.
B) pelvis renal.
C) médula renal.
D) tubo colector.
E) corpúsculo renal.

Resolución

Los riñones están relacionados a la producción de glóbulos rojos, es decir, si los riñones degeneran se va a presentar la anemia, este es el caso de las personas con insuficiencia renal crónica. La razón es que el riñón produce una hormona importante para la eritropoyesis, se trata de la eritropoyetina, esta hormona viaja por la sangre y llega a la médula ósea roja donde actúa estimulando la división celular y, en consecuencia, la producción de glóbulos rojos. La eritropoyetina se forma en las células yuxtaglomerulares o granulares, estas se localizan en contacto con el corpúsculo renal o corpúsculo de Malpighi.

Pregunta 9

En los riñones a nivel de las nefronas, entre el glomérulo y la cápsula de Bowman, ocurre la

A) filtración de la sangre y la captura del filtrado.
B) reabsorción del agua hacia la sangre.
C) secreción de las toxinas.
D) reabsorción de sales y nutrientes.
E) concentración de la orina para la excreción.

Lumbreras Editores

Resolución

Los riñones dializan cada día unos 1700 litros de sangre, de ellos se forman unos 180 litros de filtrado y, finalmente, 1,5 litros de orina, aproximadamente. La sangre llega con la arteria renal, esta se ramifica hasta el nivel de capilares, en los riñones los capilares por donde se realiza la filtración son los glomérulos, estos están en contacto con la primera porción de la nefrona que es la cápsula de Bowman, entre ambos se da la filtración de la sangre y la formación del filtrado. El filtrado contiene agua, iones, glucosa, aminoácidos, urea y otras moléculas pequeñas.

Pregunta 10

En las etapas de la formación de la orina, indicar al factor o estructura que no contribuye al proceso de filtración.

A) La alta presión hidrostática en los capilares glomerulares
B) La superficie amplia para la filtración
C) La permeabilidad de los capilares glomerulares
D) El transporte activo por células epiteliales que revisten el túbulo renal
E) Los podocitos

Resolución

El proceso inicial de la formación de la orina es la filtración o diálisis. La orina se forma a partir de la sangre, más específicamente del plasma sanguíneo. La filtración es esencialmente un proceso físico y no hay transporte activo, un factor importante es el volumen sanguíneo que llega al riñón y además con la adecuada presión, la presión es relativamente alta a nivel de los capilares de filtración o glomérulos, esto favorece la filtración. Los capilares glomerulares presentan poros que los hacen más permeables y esto también es ventajoso para la filtración, finalmente la cápsula de Bowman tiene un epitelio simple con presencia de células especiales llamadas podocitos, que tienen expansiones para aumentar la superficie de contacto y de filtración.

Pregunta 11

Respecto a la aldosterona, escoger la alternativa correcta.

A) Es liberada por el lóbulo posterior de la hipófisis.
B) Reduce la reabsorción de sodio.
C) Su secreción es estimulada por un incremento de presión arterial.
D) Es una enzima que convierte la angiotensina I en angiotensina II.
E) Su secreción aumenta en respuesta a la angiotensina II.

Resolución

La aldosterona es una hormona segregada por las glándulas suprarrenales que ayuda al cuerpo a regular la presión arterial. La aldosterona aumenta la reabsorción de sodio y agua en los riñones. Esta acción eleva la presión arterial.

Cuando hay una baja de presión arterial se activa el sistema renina angiotensina: la renina producida en el riñón transforma al angiotensinógeno de la sangre en angiotensina I, esta a su vez se convierte en angiotensina II en el pulmón mediante una enzima convertidora. Una de las funciones de la angiotensina II es influir en las glándulas suprarrenales para una mayor secreción de aldosterona, la que finalmente participa de la elevación de presión arterial.

Lumbreras Editores

Pregunta 12

La reabsorción de los nutrientes como la glucosa, aminoácidos, vitaminas e iones ocurre a nivel del

A) tubo colector.
B) tubo contorneado distal.
C) asa de Henle.
D) tubo contorneado proximal.
E) glomérulo.

Resolución

El primer paso para la formación de la orina es la filtración o diálisis, el resultado es la formación del filtrado, se trata de un líquido similar al plasma en cuanto a moléculas pequeñas e iones, y a diferencia del plasma no contiene proteínas que son moléculas grandes de alto peso molecular. Las moléculas presentes en el filtrado, y que el organismo requiere recuperar, incluyen a la glucosa, aminoácidos y vitaminas. La recuperación se realiza mediante la reabsorción en el tubo contorneado proximal. Los factores estructurales que favorecen la reabsorción son la longitud del túbulo, aumentado por ser curveado o contorneado y su epitelio interno de células con microvellosidades que aumentan la superficie de absorción, en cuanto los factores químicos incluyen principalmente a mecanismos de transporte activo.

Clave D

Pregunta 13

La mayor longitud del asa de Henle en las nefronas de algunos animales está relacionado a la función de

A) filtración.
B) reabsorción.
C) secreción.
D) excreción.
E) diálisis.

Resolución

El asa de Henle es una parte de la nefrona, es un conducto en forma de horquilla o forma de "u", la rama descendente es continuación del túbulo contorneado proximal, la función de la rama descendente es la reabsorción de agua, para lo cual cuenta con canales para el flujo del agua que están formados por las porinas que son un tipo de proteínas. La rama ascendente es impermeable al agua y su función está relacionada a la reabsorción del cloruro de sodio. En las nefronas corticales la longitud del asa de Henle es corta, en cambio en las nefronas yuxtaglomerulares la longitud es larga. Las nefronas yuxtaglomerulares son abundantes sobre todo en animales del desierto, como el camello, que deben tener una reabsorción máxima de agua.

Clave B

Pregunta 14

Cuando hay cambios en la osmolaridad de los fluidos corporales, y en particular de la sangre, esto es detectado por osmorreceptores localizados en

A) la glándula hipófisis.
B) el hipotálamo.
C) la glándula suprarrenal.
D) la vejiga.
E) la pelvis renal.

Resolución

Cuando consumimos alimentos salados se tiene luego la sensación de sed, esto nos es familiar y es un ejemplo de desequilibrio en la concentración de iones de nuestros fluidos. Otro caso puede ser cuando estamos deshidratados. En ambos casos este cambio es detectado por células nerviosas del hipotálamo que funcionan como osmorreceptores, en seguida

Lumbreras Editores

se genera la sensación de la sed (el centro de la sed se localiza en el hipotálamo), además se transmite un impulso nervioso a la hipófisis que desde su lóbulo posterior libera la hormona antidiurética o vasopresina, la que influye sobre el túbulo contorneado distal y, principalmente, en el conducto colector, influyendo en la reabsorción de agua.

Clave B

Pregunta 15

En los peces condrictios, como el tiburón, la osmolaridad de la sangre es alta en relación con el agua marina, esto debido a una elevada concentración de ..... en la sangre.

A) sales
B) urea
C) ácido úrico
D) proteínas
E) azúcares

Resolución

Los peces osteíctios marinos tienen una concentración de solutos inferior al medio marino, en consecuencia pierden agua por las branquias y la piel, es decir, se deshidratan. En los condrictios marinos, como el tiburón, no existe este problema de perder agua por las branquias y la piel debido a que en su sangre concentran urea, la cual cumple con el papel de igualar y en algunos casos superar ligeramente la osmolaridad del medio marino. La urea es un desecho ligeramente tóxico, cuya acumulación en el organismo no es tolerada en la mayoría de animales. Llama la atención la tolerancia que los tiburones tienen a una alta concentración de la urea en su sangre, donde su papel es únicamente elevar la osmolaridad.

Clave B

Pregunta 16

La hormona producida por los riñones y que se genera en respuesta a una deficiencia de oxígeno en el organismo humano es la

A) adrenalina.
B) hormona antidiurética.
C) renina.
D) aldosterona.
E) eritropoyetina.

UNMSM 2007

Resolución

La deficiencia de oxígeno en el organismo se puede producir por varias situaciones: después de una hemorragia intensa, cuando viajamos a ciudades de las alturas, luego de quimioterapias contra el cáncer que dañan la médula ósea, la insuficiencia renal crónica y otros. Cuando hay poca oxigenación de los tejidos, las células del aparato yuxtaglomerular del riñón aumentan la producción de la hormona eritropoyetina, esta hormona viaja a través de la sangre hacia la médula ósea para estimular a eritropoyesis o formación de glóbulos rojos. En la etapa fetal la eritropoyetina se produce en el hígado y después del nacimiento el 85% se produce en el riñón. En la actualidad, la eritropoyetina es producida en el laboratorio y sirve para el tratamiento de pacientes con insuficiencia renal crónica que viven mediante la hemodiálisis y por no producir la hormona pueden padecer de anemia. Como la eritropoyetina eleva la cantidad de glóbulos rojos y, por ende, aumenta el transporte de oxígeno a los tejidos, entre ellos al músculo; en algunas situaciones ha sido utilizada por deportistas del ciclismo, lo cual no está permitido legalmente.

Clave E

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Respecto a la excreción de los desechos nitrogenados, escoger la alternativa correcta.

   A) En los seres humanos puede ser en la forma de urea y ácido úrico.
   B) En los mamíferos nunca es en la forma de ácido úrico.
   C) En la mayoría de peces óseos es principalmente en la forma de urea.
   D) No contribuye a la osmolaridad de la orina.
   E) Se requiere más agua si el desecho es ácido úrico.

2. Las aves que se alimentan con animales marinos e ingieren una gran cantidad de sal, excretan el exceso de sal principalmente a través de

   A) los túbulos de Malpighi.
   B) las glándulas salinas rectales.
   C) las branquias.
   D) los riñones.
   E) las glándulas salinas nasales.

3. El corpúsculo renal o corpúsculo de Malpighi está formado de la asociación de

   A) arteriola aferente y glomérulo.
   B) glomérulo y arteriola eferente.
   C) glomérulo y cápsula de Bowman.
   D) cápsula de Bowman y túbulo contorneado proximal.
   E) cápsula de Bowman y arteriola eferente.

4. La función del corpúsculo renal en la formación de la orina está relacionado al proceso de

   A) filtración.
   B) reabsorción.
   C) secreción.
   D) excreción.
   E) transporte activo.

5. Los desechos como el amoníaco, la urea y el ácido úrico se producen, esencialmente, a partir del catabolismo de

   A) glúcidos y aminoácidos.
   B) lípidos y aminoácidos.
   C) proteínas y ácidos nucleicos.
   D) lípidos y proteínas.
   E) glúcidos y proteínas.

6. El riñón cumple diversas funciones, en las alternativas indicar la incorrecta.

   A) Producción de la hormona eritropoyetina
   B) Regulación del contenido de agua de la sangre
   C) Mantenimiento del pH de la sangre
   D) Producción de la hormona renina
   E) Retención de nutrientes como glucosa y aminoácidos

7. El principal producto nitrogenado de desecho en insectos y aves es

   A) la urea.
   B) el ácido úrico.
   C) el amoníaco.
   D) el dióxido de carbono.
   E) el nitrato.

8. El principal producto nitrogenado de desecho en anfibios y mamíferos es

   A) la urea.
   B) el ácido úrico.
   C) el amoníaco.
   D) el dióxido de carbono.
   E) el nitrato.

Lumbreras Editores

9. Indique la secuencia correcta del recorrido de la orina en camino a su excreción.

A) Riñón , uréter, vejiga urinaria, uretra
B) Riñón, uretra, vejiga urinaria, uréter
C) Uréter, riñón, vejiga urinaria, uretra
D) Uretra, riñón, vejiga urinaria, uréter
E) Riñón, conducto colector, vejiga urinaria, uretra

10. El sitio final de la concentración mediante la reabsorción de agua para la formación de la orina es el

A) asa de Henle descendente.
B) asa de Henle ascendente.
C) túbulo contorneado distal.
D) tubo colector.
E) uréter.

11. Compuesto químico que normalmente no se encuentra en la orina.

A) urea
B) glucosa
C) sales
D) agua
E) vestigios de pigmentos biliares

12. Algunos animales carecen de órganos excretores, es el caso de algunos invertebrados como

A) el cangrejo.
B) la lombriz de tierra.
C) la hidra.
D) la planaria.
E) la lombriz intestinal.

13. Los órganos excretores que tienen relación con el intestino y descargan la orina en ella son

A) los protonefridios.
B) los metanefridios.
C) las glándulas coxales.
D) los túbulos de Malpighi.
E) los tubos colectores.

14. Los riñones humanos en el adulto procesan cada día un volumen de sangre aproximado de

A) 1,5 litros.
B) 180 litros.
C) 1700 litros.
D) 5 litros.
E) 15 litros.

15. En los riñones de los mamíferos los tubos colectores culminan la formación de la orina y descargan esta hacia

A) la uretra.
B) la vejiga.
C) el uréter.
D) la pelvis renal.
E) la cloaca.

16. En el proceso de la formación de la orina, en la etapa de la filtración, no se filtran moléculas de

A) monosacáridos.
B) aminoácidos.
C) vitaminas.
D) proteínas.
E) urea.

17. En la estructura histológica de las nefronas, la presencia de microvellosidades a nivel del túbulo contorneado proximal está asociado a la función de

A) filtración.
B) reabsorción.
C) secreción.
D) concentración.
E) excreción.

Lumbreras Editores

18. El mayor volumen del glomérulo en los riñones de algunos vertebrados está relacionado a la función de

A) filtración. B) reabsorción.
C) secreción.
D) excreción. E) concentración.

19. La función del tubo colector en el proceso de la formación de la orina está relacionada a la

A) filtración.
B) reabsorción.
C) secreción.
D) excreción.
E) concentración.

20. La reabsorción facultativa del agua ocurre a nivel del tubo colector y está regulada por la hormona

A) renina.
B) péptido natriurético auricular.
C) vasopresina.
D) angiotensina.
E) aldosterona.

21. El color de la orina se debe a la presencia de metabolitos que resultan de la degradación de

A) la glucosa.
B) la urea.
C) el ácido úrico.
D) la hemoglobina.
E) los ácidos nucleicos.

22. Órgano excretor de los gusanos planos o platelmintos.

A) Los túbulos de Malpighi
B) Las glándulas coxales
C) Las células flamígeras
D) Los protonefridios
E) Los metanefridios

23. En los peces marinos osteíctios, para evitar el exceso de sal en los fluidos corporales y la sangre, se expulsa ClNa a través de

A) la piel.
B) las glándulas nasales.
C) las branquias.
D) las glándulas de la sal.
E) el intestino.

24. La reabsorción de sodio, la secreción de potasio y la elevación de la presión sanguínea tienen relación con la acción de la hormona

A) antidiurética.
B) renina.
C) péptido natriurético auricular.
D) angiotensina.
E) aldosterona.

25. Para evitar la elevación de sal en su sangre, los tiburones cuentan además de los riñones con ..... para la excreción.

A) las válvula en espiral
B) la cloaca
C) la glándula rectal
D) las branquias
E) la vejiga

26. Las células de cloruro intervienen en la captación o liberación de sales según las condiciones del medio, se encuentra en

A) invertebrados.
B) peces.
C) mamíferos.
D) reptiles.
E) aves.

Lumbreras Editores

27. Los reptiles y aves excretan ácido úrico, mientras que los mamíferos y anfibios excretan principalmente urea. ¿Cuál es la principal ventaja del ácido úrico sobre la urea como desecho?

A) El ácido úrico es más soluble en agua.
B) El ácido úrico es una molécula de estructura más sencilla.
C) Se necesita menos energía para la síntesis de ácido úrico.
D) Se pierde menos agua al excretar ácido úrico.
E) Se puede eliminar por difusión a través de la piel.

28. La tasa de filtración glomerular es la cantidad de filtrado producido en 24 horas por los riñones, en el humano adulto es alrededor de

A) 1,5 litros. B) 5 litros. C) 180 litros.
D) 1500 litros. E) 20 litros.

29. No tiene continuidad ni forma parte de la estructura de la nefrona.

A) glomérulo
B) cápsula de Bowman
C) tubo contorneado proximal
D) tubo contorneado distal
E) tubo colector

30. Un factor importante para garantizar la formación del filtrado entre el glomérulo y la cápsula de Bowman es

A) la osmolaridad de la sangre.
B) el epitelio del túbulo contorneado proximal.
C) El transporte activo.
D) la presión sanguínea.
E) la longitud del asa de Henle.

31. La dificultad o riesgo permanente para los peces de agua dulce es

A) la eliminación de sus desechos.
B) la conservación de sales corporales.
C) la producción de orina diluida.
D) la dilución de sus fluidos corporales.
E) la pérdida de sales por las branquias.

32. Durante el desarrollo embrionario de los reptiles y las aves, los desechos se almacenan en un saco extraembrionario llamado

A) corión.
B) amnios.
C) alantoides.
D) vejiga.
E) saco vitelino.

Lumbreras Editores

twitter.com/calapenshko

WILLIAMS RICARDO LÓPEZ VEGA

CAPÍTULO XXI

SISTEMA NERVIOSO

Objetivos:

- Comprender la estructura y fisiología del sistema nervioso en animales.
- Conocer los diferentes tipos de sistemas nerviosos de los animales.
- Relacionar los sistemas nerviosos para establecer diferencias importantes entre los principales *filo*.
- Conocer el desarrollo embriológico del sistema nervioso en vertebrados.

Introducción

La supervivencia de cualquier organismo depende, en gran medida, de la relación con su medio, del cual recibe permanentemente estímulos y responde adecuadamente, en una propiedad denominada irritabilidad. Este proceso requiere un gran nivel de comunicación entre sus elementos.

La primera estrategia de relación fue la **comunicación** a través de compuestos químicos que, sin embargo, tienen un gran inconveniente en los organismos multicelulares porque estas sustancias llamadas hormonas tienen que viajar por difusión célula a célula o a través de fluidos corporales desde los lugares de producción hasta las células donde ejercen su acción.

Para acelerar la transmisión de la información, los animales (multicelulares y activos) complementaron la comunicación **hormonal** con unas células especializadas en recibir estímulos, elaboraron órdenes adecuadas y condujeron esta información a diferentes partes del cuerpo a través de impulsos eléctricos muy rápidos: habían aparecido las **neuronas**.

Aunque tradicionalmente se han estudiado por separado, los sistemas nervioso y endocrino están muy relacionados: la neurona conduce la información eléctricamente, pero esta información se transmite a otras células a través de sustancias químicas que, en ocasiones, son las mismas que actúan como hormonas y, como veremos, algunas neuronas controlan el funcionamiento del sistema hormonal e incluso secretan hormonas. Es tan difícil separar ambos sistemas que se puede hablar de uno solo: el **sistema neuroendocrino**.

1 ▸ NEURONA

Las neuronas constituyen la unidad estructural y funcional básica del sistema nervioso. Son células excitables altamente especializadas en generar, conducir y transmitir señales eléctricas en respuesta a estímulos.

Las neuronas se organizan en cadenas y redes complejas que les permiten integrar señales sensoriales y motoras.

1.1. ESTRUCTURA NEURONAL

En todos los tipos neuronales se distinguen las siguientes estructuras:

1.1.1. Soma o cuerpo neuronal

Es el centro metabólico de la neurona. Posee una serie de orgánulos, un núcleo grande y un sistema ramificado de retículo endoplasmático rugoso denominado cuerpos de Nissl. Posee ramificaciones cortas y numerosas llamadas dendritas, encargadas de recibir información del entorno y llevarlas hasta el cuerpo neuronal.

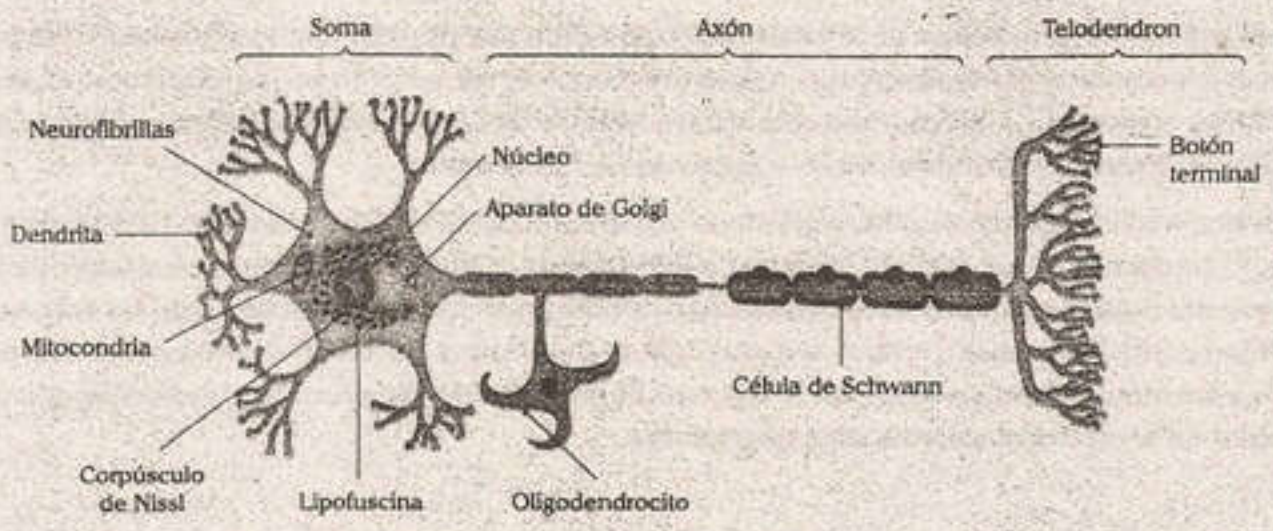
1.1.2. Axón

Estructura alargada que se proyecta desde el soma, es la principal estructura de conducción de la señal nerviosa a lo largo de la neurona. Tiene un citoplasma (axoplasma) con neurotúbulos, neurofilamentos y mitocondrias; se encuentra rodeada por vaina aislante de mielina, interrumpida en los nodos de Ranvier.

En su porción terminal, el axón se ramifica formando el telodendron, con botones sinápticos que contienen vesículas con neurotransmisores.

Lumbreras Editores

ESTRUCTURA DE LA NEURONA



1.2. CLASIFICACIÓN DE LAS NEURONAS

Según la función que llevan a cabo, las neuronas se clasifican en:

1.2.1. Neuronas sensoriales o aferentes

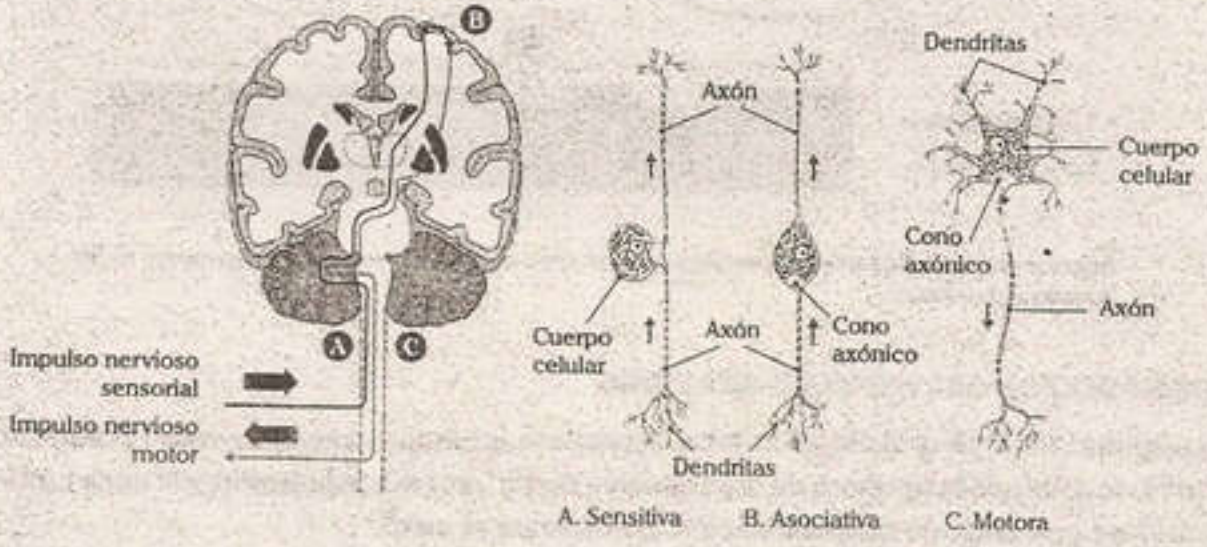
Reciben información de los receptores y la conducen al lugar de procesamiento.

1.2.2. Neuronas de asociación o interneuronas

Procesan la información sensitiva y producen señales de respuesta. Constituyen el 99% de las neuronas corporales y conforman el sistema nervioso central.

1.2.3. Neuronas motoras o eferentes

Conducen las señales de respuesta hacia los órganos efectores (músculos y glándulas).



1.3. IMPULSO NERVIOSO

Es el "lenguaje" que utilizan las neuronas para transmitir mensajes en forma de señales eléctricas e implica la propagación de cambios electroquímicos en las membranas celulares neuronales. La base de la fisiología neuronal radica en el movimiento de iones Na^+ y K^+ a ambos lados de la membrana.

Es un potencial de acción que se propaga a lo largo de la membrana plasmática de una neurona, mediante un proceso sucesivo de despolarización y repolarización.

Potencial de reposo

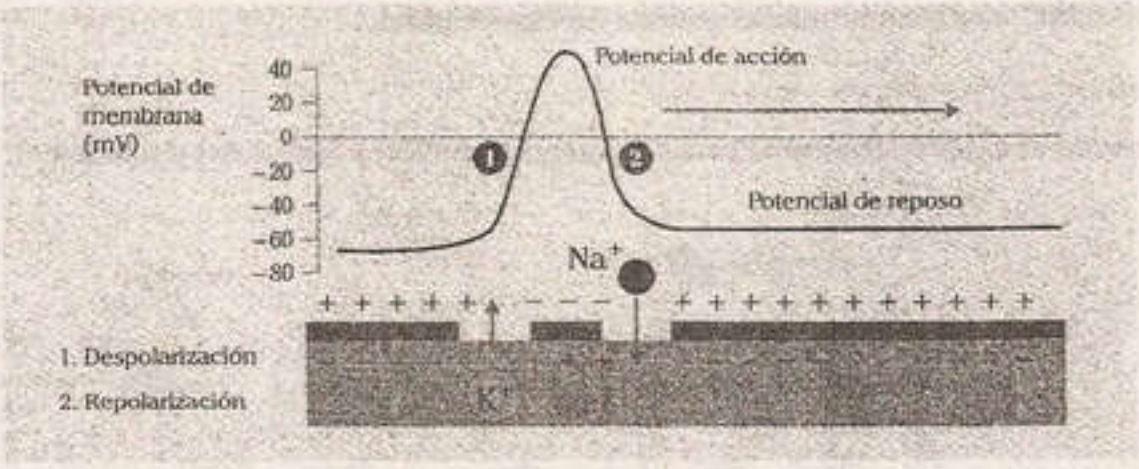
En una neurona en reposo, los canales de K^+ se encuentran abiertos y los canales de Na^+ cerrados. El K^+ difunde al medio intracelular y junto al Na^+ que no puede ingresar, polarizan la membrana; hacen positivo el medio extracelular y negativo el interior de la célula. Esta diferencia de cargas eléctricas a ambos lados de la membrana establece un potencial de reposo cuyo valor es de –70 milivoltios.

Despolarización y potencial de acción

Un estímulo externo desencadena la apertura súbita de los canales de Na^+, el ingreso de grandes cantidades de Na^+ al interior neuronal invierte la polaridad de la membrana. Este proceso denominado despolarización establece un nuevo potencial eléctrico conocido como potencial de acción.

Repolarización

Propagado el potencial de acción, se cierran los canales de Na^+ y abren los canales de K^+. La salida de K^+ restablece el potencial de reposo inicial.

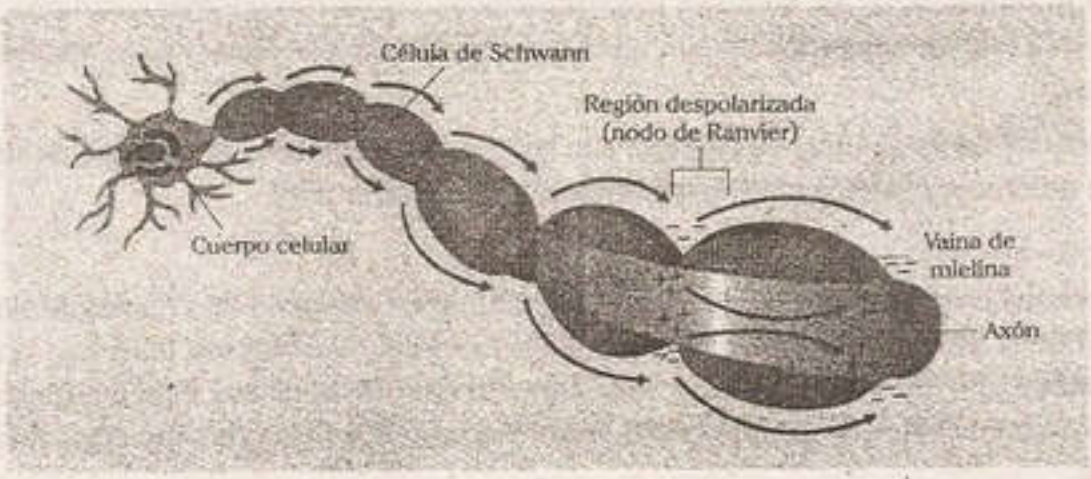


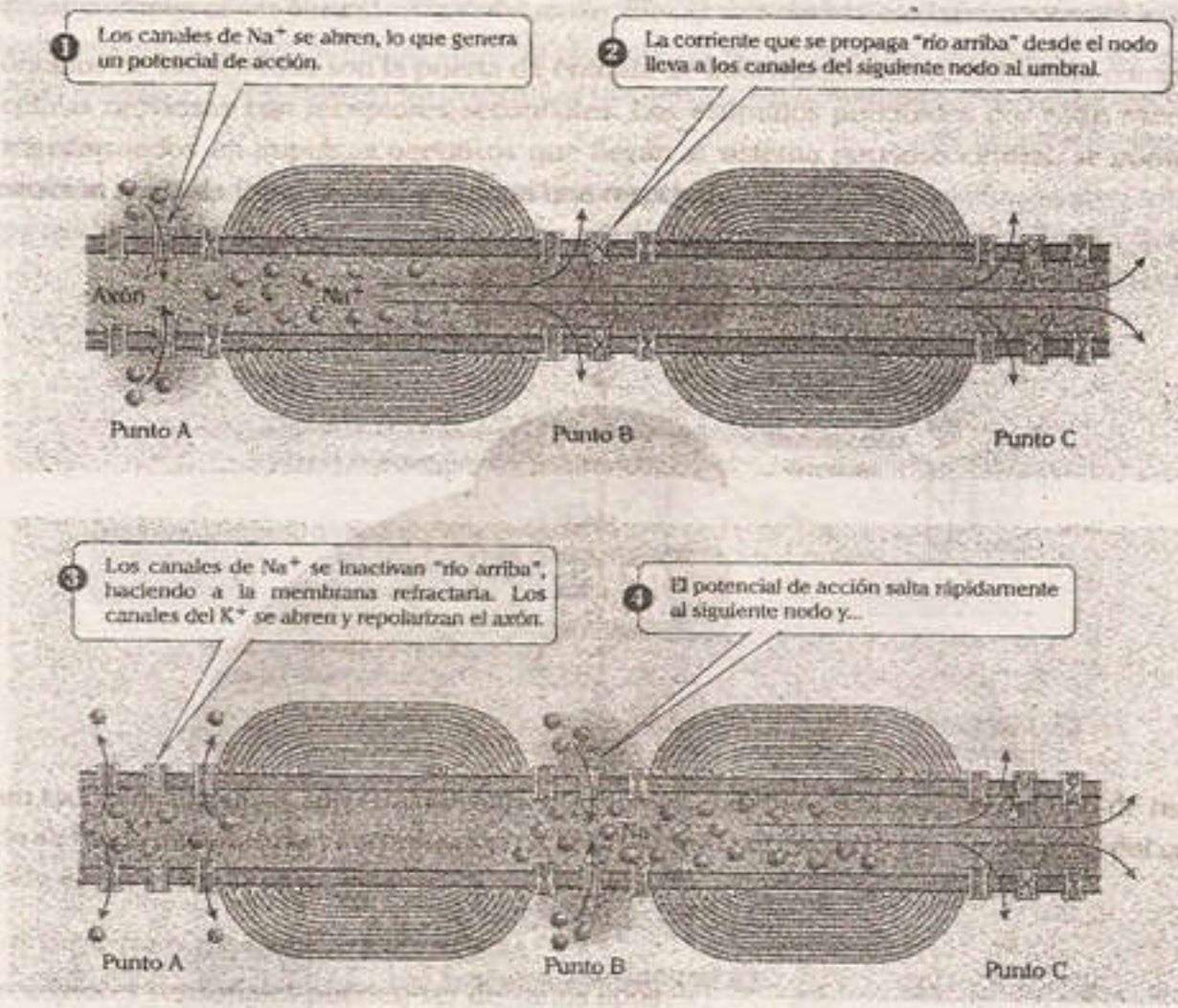
Representación gráfica de los cambios en el potencial de membrana en el transcurso de un potencial de acción.

1.4. CONDUCCIÓN DEL IMPULSO NERVIOSO

Si la magnitud de la despolarización local sobrepasa un límite conocido como potencial umbral (–55 mV), se estimula la apertura de más canales de Na^+ y la despolarización de zonas adyacentes, generándose una onda de despolarización, hasta llegar al axón.

Las propiedades aislantes de la mielina impiden el movimiento iónico y solo se produce despolarización en los nodos de Ranvier. La despolarización de un nodo estimula la despolarización del siguiente, por lo que el impulso nervioso salta de un nodo a otro.





Este tipo de **conducción saltatoria**, favorece la rapidez de la propagación del impulso nervioso llegando hasta los 120 m/s en los axones motores de algunos mamíferos.

1.5. TRANSMISIÓN DEL IMPULSO NERVIOSO

El contacto funcional que se establece entre las neuronas se denomina sinapsis, y puede ser de tipo química y eléctrica.

1.5.1. Sinapsis química

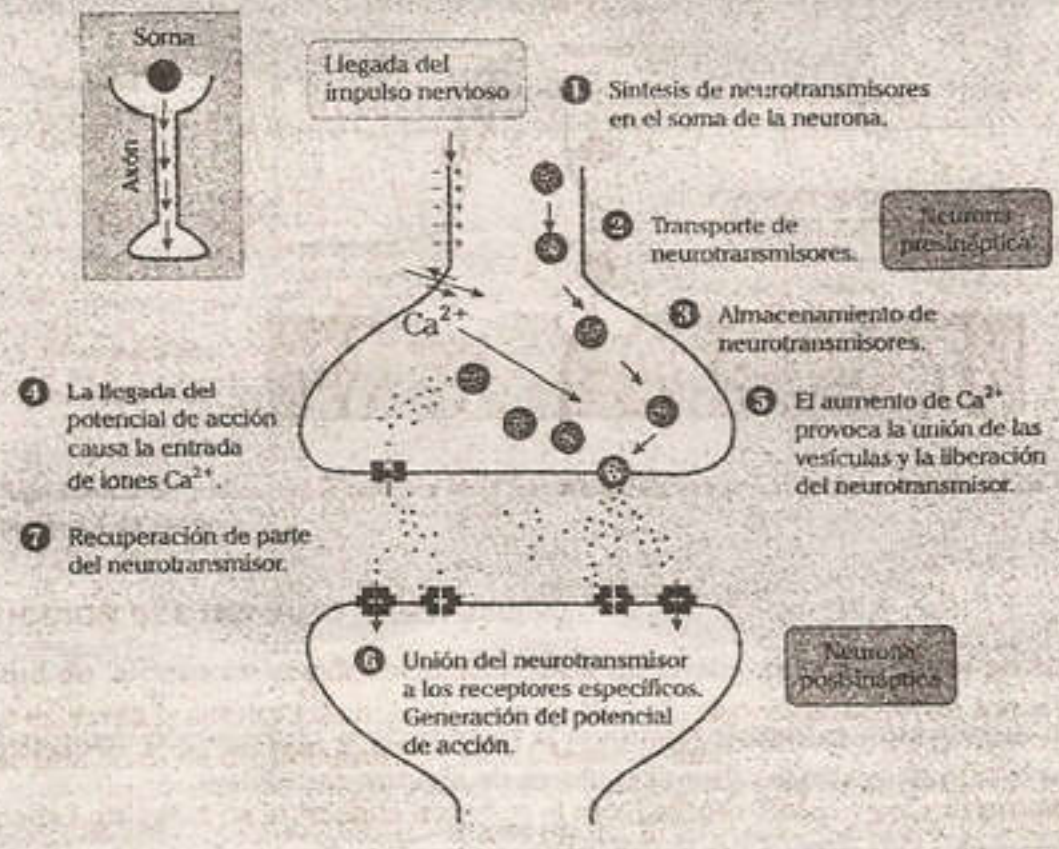
La transmisión ocurre mediante la liberación de neurotransmisores al espacio que existe entre el terminal axónico de una neurona presináptica y la membrana de la célula postsináptica.

El proceso se da según las siguientes etapas:

a. El potencial de acción que llega al terminal axónico activa la entrada de Ca^{+2} y la descarga de neurotransmisores almacenados en las vesículas sinápticas, hacia el espacio o hendidura sináptica.
b. Los neurotransmisores se unen a receptores específicos ubicados en la membrana de la célula postsináptica.

c. Los neurotransmisores excitatorios (acetilcolina, adrenalina) producen la apertura de canales de Na^+ generando un potencial de acción en la neurona siguiente, mientras los neurotransmisores inhibitorios (dopamina, gaba) generan la apertura de canales de K^+, evitando formar un potencial de acción.

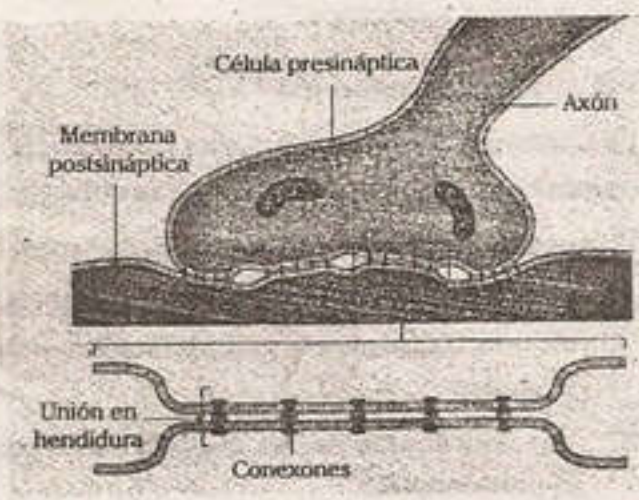
d. Los neurotransmisores unidos a su receptor se liberan y son reincorporados a la neurona presináptica para ser reutilizados, aquellos que pudiesen quedar en el espacio sináptico son degradados enzimáticamente.



1.5.2. Sinapsis eléctricas

Son habituales en las células del SNC, en el músculo cardiaco y el liso visceral. En ellas, las membranas de dos células están muy próximas y conectadas por uniones en hendidura con proteínas canal que permiten que la corriente fluya directamente y con gran rapidez entre una célula y otra.

Las sinapsis eléctricas son bidireccionales, no participan neurotransmisores, lo que implica que la conducción sea más rápida.



2. Órganos sensoriales

Los órganos de los sentidos son la puerta de entrada de información al animal, están compuestos por células nerviosas con receptores sensoriales. Los estímulos percibidos por estos receptores son transformados en impulsos nerviosos que llegan al sistema nervioso central, se coordina la información recibida (integración) y ordena una respuesta.

Si bien todos los impulsos son cualitativamente iguales, independientemente del tipo de receptor donde se haya originado, la interpretación de la sensación percibida depende del área del cerebro a donde llegue el impulso nervioso.

2.1. Según tipo de energía captada

Los receptores sensoriales pueden ser de varios tipos.

2.1.1. Quimiorreceptores

Comprende al olfato, que capta sustancias químicas volátiles, y el gusto, que capta sustancias sólidas o disueltas. Participa en la regulación de actividades alimenticias, sexuales y reproductivas, sociales y de delimitación del territorio.

2.1.2. Mecanorreceptores

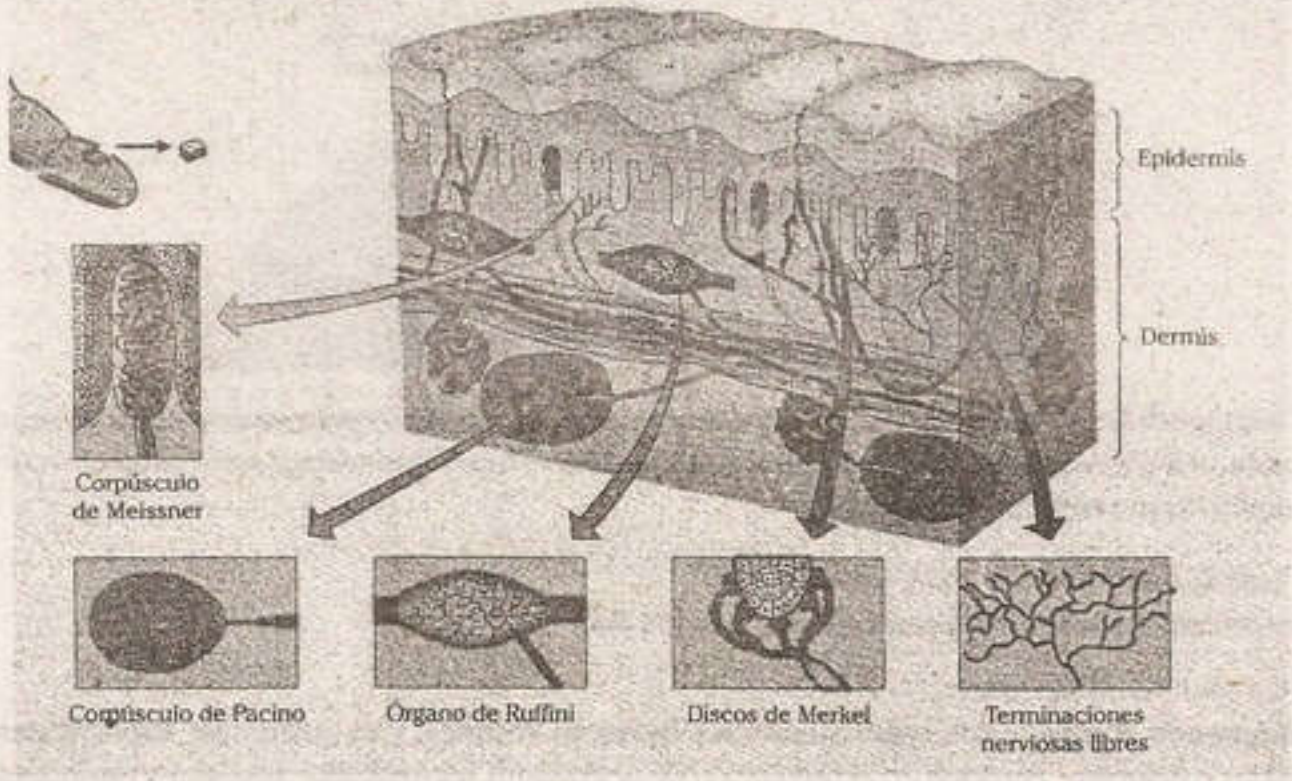
Los receptores táctiles son sensibles a **fuerzas cuantitativas** como el roce, la presión, el estiramiento, la torsión, la gravedad, las vibraciones, etc. Permiten la apreciación de la **textura** del ambiente externo: **tacto**; la percepción sonora: **oído**; el mantenimiento de relaciones posturales: **equilibrio**; y la información de órganos internos: **propioceptores**.

2.1.3. Fotorreceptores

Las células sensibles a la luz tienen **pigmentos** capaces de captar la **energía luminosa de los fotones**. Los más sencillos son las células fotosensibles distribuidas por la superficie del cuerpo como sucede con la lombriz de tierra, o agrupada formando ocelos en planarias, que solo miden la **intensidad de luz** y sirven para la orientación del movimiento, o el ajuste del fotoperiodo, pero no permiten la formación de imágenes. Los fotorreceptores pueden formar parte de estructuras más complejas denominadas ojos, los cuales permiten detectar el movimiento y formar imágenes.

Sensibles a la energía calorífica del medio, comprenden desde células dispersas en la superficie corporal o agrupadas formando estructuras especializadas como el órgano de Jacobson en algunos reptiles y mamíferos.

Sensibles a los campos electromagnéticos tales como las ampollas de lorenzini en los tiburones.



Diversos receptores presentes en la piel

Localizados en el exterior del cuerpo animal, captan los cambios ocurridos en el medio externo del animal.

Recogen los estímulos emitidos en los órganos internos, músculos, tendones y articulaciones. Captan el pH sanguíneo, glucemia, llenado de vejiga, hambre, etc. Un determinado tipo de interorreceptores mecánicos captan las tensiones internas y las relaciones espaciales de unas partes del cuerpo con respecto a otras, son los **propiorreceptores**.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

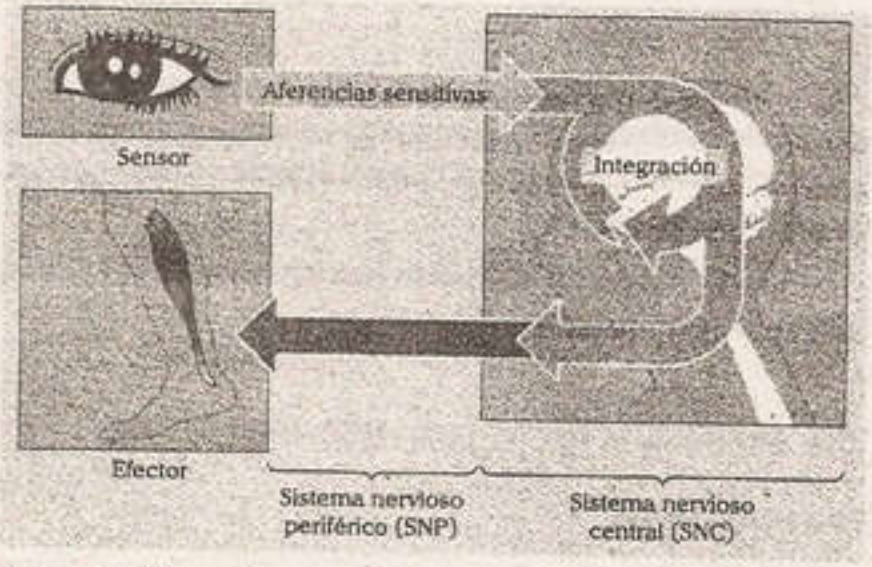
No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

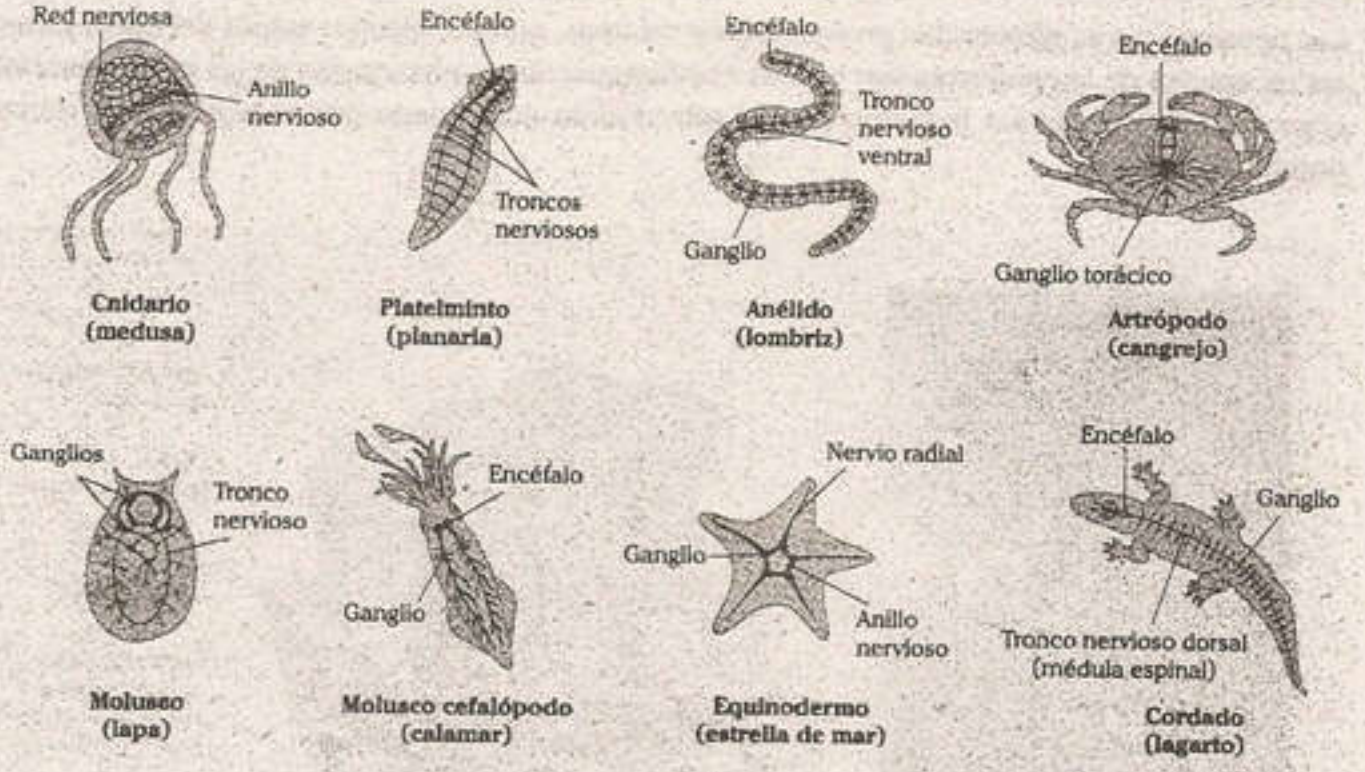
18 de agosto del 2020

3. Coordinación nerviosa

Toda función de relación implica la existencia de un sistema integrador que coordina la respuesta frente a un estímulo: el sistema nervioso.



Algunos animales carecen de un sistema nervioso integrador, sin embargo, la gran mayoría posee un sistema nervioso que va desde las sencillas redes nerviosas de los cnidarios (los primeros animales en los que aparece un sistema nervioso) hasta el complejo encéfalo de los vertebrados, su evolución ha recorrido un largo camino, pero siempre existe una clara correlación entre el sistema nervioso de un animal y su modo de vida.



El plexo nervioso se originó tempranamente en la evolución de los metazoos y filogenéticamente nunca se han perdido por completo. Los anélidos lo tienen en su sistema digestivo. En el aparato digestivo del hombre está representado por los plexos nerviosos de su musculatura. Los rítmicos movimientos peristálticos del estómago y del intestino están coordinados por esta réplica del plexo nervioso de los cnidarios.

4 ▸ Animales sin sistema nervioso

4.1. PORIFEROS

Carecen de sistema nervioso, presentan una superficie corporal con células capaces de reconocer estímulos ambientales y contraerse en respuesta a ellos. Entre sus respuestas típicas incluyen las alteraciones en la forma del cuerpo, apertura y cierre de los poros para regular el ingreso de agua, y propulsión de agua.

Debido a que una célula realiza funciones sensitivas y motoras, a este tipo de organización se ha denominado **neuroide**.

5 ▸ Animales con sistema nervioso difuso

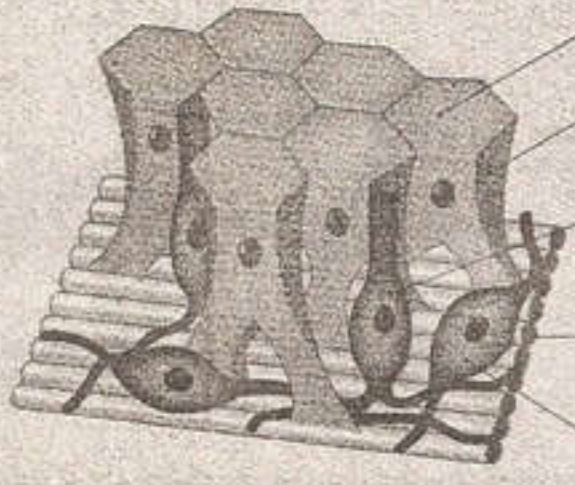
5.1. CNIDARIOS

5.1.1. Redes neuronales

Los celentéreos son los animales más simples que poseen verdaderas células nerviosas (protoneuronas) que conforman redes o plexos neuronales localizados en la base de la epidermis.

Las neuronas no se diferencian en sensitivas y motoras, aunque algunas ramas del plexo enlazan los receptores de la epidermis con células epiteliomusculares encargadas de las respuestas, tales como la descarga de los nematocistos, el movimiento coordinado de los tentáculos y muchas conductas rítmicas.

Malagua



El plexo nervioso se compone de un conjunto de neuronas carentes de mielina con una velocidad de conducción que oscila entre los 2 y 60 cm/s. Los impulsos se transmiten en todas las direcciones, lo cual permite reaccionar rápidamente ante los estímulos, independientemente de la dirección en que se presenten, algo imprescindible para unos organismos de simetría radial que son sedentarios o vagan a la deriva arrastradas por corrientes.

Si bien no se diferencia un sistema nervioso central como órgano de control, se han encontrado neuronas marcapaso, responsables de acciones rítmicas como la natación de las medusas, bombeo del agua de hidra y la contracción-expansión de anémonas.

5.1.2. Órganos sensoriales en *Aurelia sp.* (Malagua)

Las células sensoriales están dispersas en la epidermis, su extremo libre está provisto de un flagelo receptor de estímulos químicos y mecánicos, y el otro extremo se ramifica en finas prolongaciones que forman sinapsis con las células nerviosas.

El borde de la campana lleva ocho órganos sensoriales llamados ropalios (tentaculocisto), cada uno de los cuales tiene forma de maza y contiene un estatocisto hueco para el equilibrio revestido de epitelio sensorial. En algunas especies los ropalios también llevan ocelos fotosensibles.

6 ANIMALES CON SISTEMA NERVIOSO CENTRALIZADO

Con el surgimiento de metazoos más complejos, las células sensoriales forman receptores cada vez más complejos y diversos; las neuronas migran al interior y se acumulan formando pequeños ganglios, iniciando un proceso de centralización; también surgen nuevas células contráctiles que conformarán los músculos al interior del organismo.

La conexión entre estos elementos requiere la diferenciación de un sistema nervioso periférico conformado por proyecciones neuronales o axones que formarán los primeros nervios.

Este modelo será capaz de responder de forma más rápida y específica frente a estímulos ambientales, lo que permitirá desplazamientos activos en una dirección determinada.

Este nuevo modo de vida corre paralelo a la aparición de sistemas nerviosos más complejos, en los que una tendencia principal es la cefalización, que consiste en la concentración de órganos sensoriales y un mayor desarrollo del sistema nervioso central en la región anterior del cuerpo.

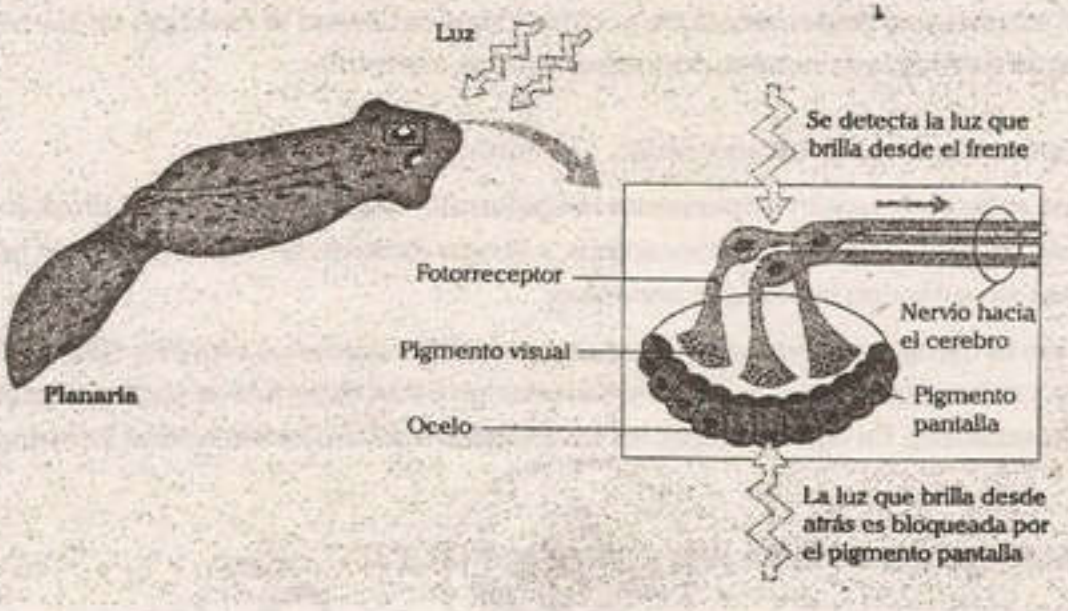
6.1. *PLATHELMINTOS*

6.1.1. Sistema nervioso

Las planarias poseen unos **ganglios cefálicos** que ejercen cierto grado de control sobre el resto del sistema nervioso. Desde los ganglios se extienden dos **cordones nerviosos en posición ventral**, que poseen ramificaciones laterales que le dan un aspecto escaleriforme y que se extienden hasta las fibras musculares, lo que permite la realización de movimientos simples como arrastrarse y nadar mediante ondas de contracción que recorren el cuerpo a lo largo.

Lumbreras Editores

Los **ocelos** son manchas oculares sensibles a la luz. Las células táctiles y quimiorreceptoras son abundantes por el cuerpo, y en las planarias forman órganos definidos en las **aurículas** (lóbulos con aspecto de orejas a los lados de la cabeza). Algunos también tienen **estatocistos** para el equilibrio y reorreceptores para apreciar la dirección de la corriente.



6.2. NEMATODOS

twitter.com/calapenshko

6.2.1. Sistema nervioso

El sistema nervioso está relativamente simplificado ya que la motilidad de los nematodos está ligada a reflejos musculares locales. Consiste en un anillo de tejido nervioso y ganglios alrededor de la faringe, de los cuales parten cordones nerviosos longitudinales.

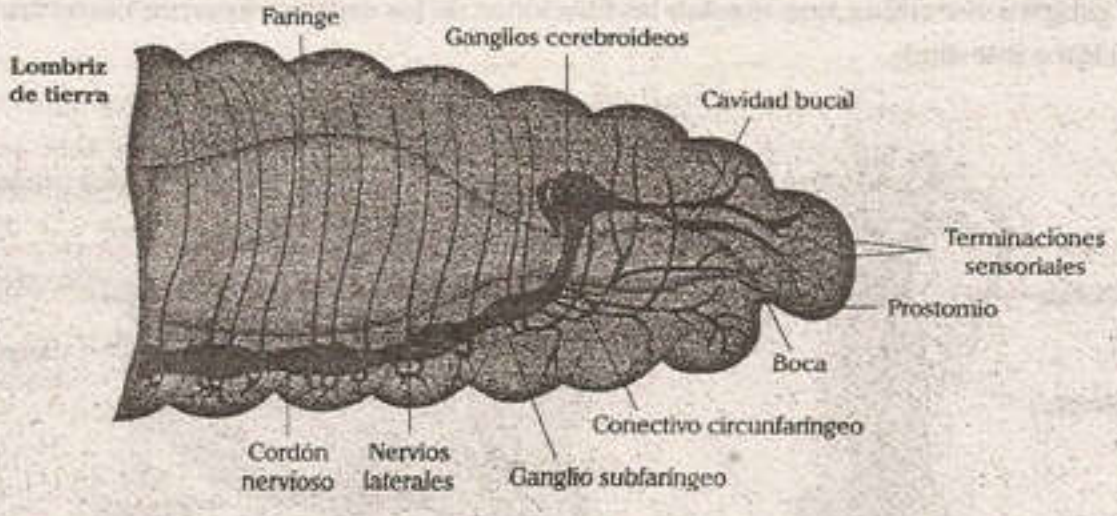
6.2.2. Órganos sensoriales

Las papilas sensoriales se concentran alrededor de la cabeza y de la cola. Los anfidios son órganos sensoriales que abren a cada lado de la cabeza; algunos parásitos llevan un par de fasmidios cerca del extremo posterior.

6.3. ANÉLIDOS

6.3.1. Sistema nervioso

La morfología básica del sistema nervioso de anélidos presenta una concentración de neuronas en la región dorsal de los primeros segmentos, formando un cerebro bilobulado que se une a través de dos cordones nerviosos que rodean al esófago, a una cadena ganglionar doble de recorrido ventral. Cada segmento corporal o metámero posee un par de ganglios de los que parten nervios laterales sensitivos y motores.



Algunos experimentos demuestran que su cerebro ya posee cierto grado de control central: al extirparlo, el animal puede moverse tan bien como antes, pero cuando choca con un obstáculo, el animal intenta seguir avanzando de frente porque ha perdido su capacidad de rodear el obstáculo.

El cerebro y los ganglios poseen células neurosecretoras, secretan neurohormonas relacionadas con la regulación de la reproducción, de los caracteres sexuales secundarios y la regeneración.

6.3.2. Órganos sensoriales

En el tegumento de la lombriz terrestre existen receptores táctiles sismosensibles, que les permite detectar la vibración de una pisada y huir hacia las galerías; también presentan fotorreceptores lenticulares para el fototactismo negativo a la luz intensa pero positiva a la luz débil; a nivel del prostomio son numerosas las células quimiosensibles gustativas que les permiten seleccionar el alimento.

En lombrices marinas, los órganos sensoriales están muchos más desarrollados e incluyen ojos con córnea, lentes y retina; los órganos nucales son fosetas o hendiduras ciliadas quimiorreceptoras, importantes para la recogida del alimento.

6.4. MOLUSCOS

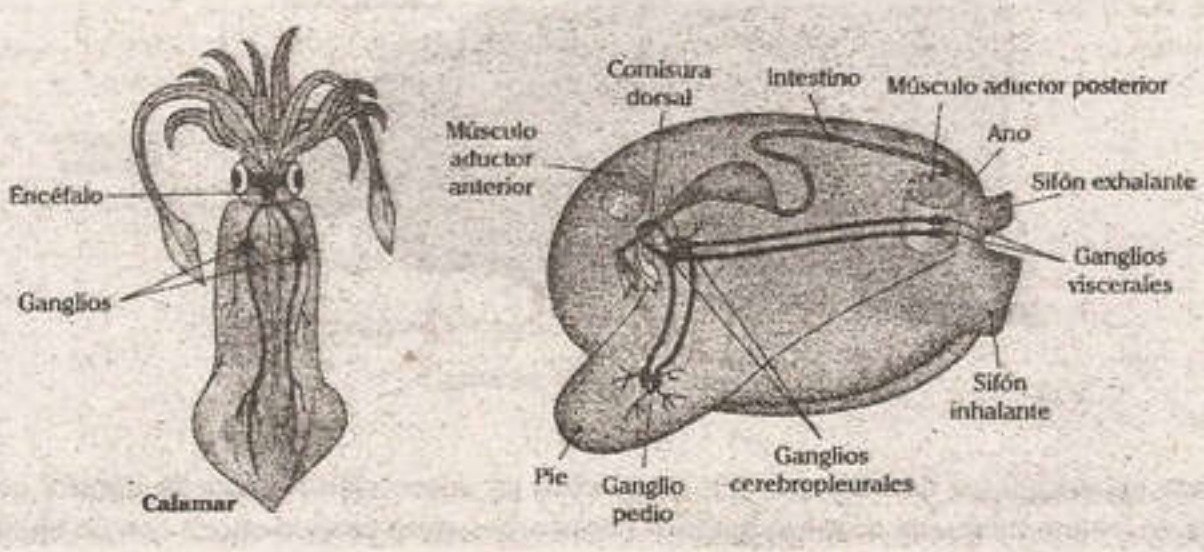
6.4.1. Sistema nervioso

Por su conformación es de tipo bilateral ganglionar, incluye tres pares de ganglios conectados por nervios, y cuya función está relacionada con la región anatómica de donde se dispone, así tenemos:

- Los ganglios pedales que regulan la función locomotora del pie en los caracoles y bivalvos, en los cefalópodos regula el movimiento de los tentáculos.
- Los ganglios cerebrales alcanzan un gran desarrollo en los cefalópodos, que en muchos casos ya es considerado como un cerebro porque desarrolla el aprendizaje, además de regular las funciones de los órganos sensoriales.

Lumbreras Editores

- Los ganglios viscerales, que regulan las funciones de los órganos internos como las branquias, corazón e intestino.



Los investigadores encuentran fácil modificar sus patrones de comportamiento mediante entrenamientos con recompensa y castigo. Cuando un pulpo observa cómo otro es premiado al hacer una elección correcta, el observador aprende cómo la elección es premiada y en consecuencia hace la misma elección cuando le dan una oportunidad.

Los calamares tienen células nerviosas gigantes, de las mayores conocidas en el reino animal, que se activan cuando el animal se alarma, y que inician contracciones máximas de los músculos del manto para una huida rápida. En sus axones gigantes se pudo estudiar los mecanismos iónicos responsables del potencial de acción.

6.4.2. Órganos sensoriales

En gran número de caracoles los órganos sensoriales comprenden: ojos vesiculares en forma de copa, con un lente y cubiertos por una córnea; un área quimiosensible llamada osfradio localizado en el sifón inhalante; y estatocistos en el pie ventral, con función receptora de posición y vibración.

En muchos bivalvos existen ocelos en el borde del manto que perciben la luz. Los estatocistos suelen estar cerca de los ganglios pediales.

El modelo de vida de los cefalópodos, activos cazadores, exige órganos sensoriales bien desarrollados y una capacidad de aprendizaje comparable a la de algunos mamíferos. Poseen las siguientes características:

- Ojos muy desarrollados con córnea, cristalino, cámaras y retina. Son aparentemente ciegos a los colores, pero pueden ser capaces de diferenciar formas y recordarlas durante un tiempo considerable.
- Los tentáculos están bien dotados de células quimiosensibles y táctiles que les permiten diferenciar texturas.
- Los cefalópodos carecen de sentido del oído.

Lumbreras Editores

6.5. ARTRÓPODOS

Los animales con segmentos corporales o metámero forman pares de ganglios que inervan cada segmento y que se conectan formando una cadena ganglionar. Los ganglios de segmentos anteriores se agrupan formando cerebros primitivos. Este sistema nervioso de tipo ganglionar es típico de lombrices y artrópodos.

En todos los artrópodos, el sistema nervioso es similar al modelo de los anélidos, consta de un cerebro conectado por un anillo alrededor del esófago a una doble cadena nerviosa de ganglios ventrales.

6.5.1. En insectos

Sistema nervioso

En insectos el cerebro dorsal está formado por la fusión de tres pares de ganglios, diferenciándose:

a. Protocerébro

Región más grande y compleja. Recibe los nervios que transmiten los impulsos provenientes de los ojos y dorsalmente recibe los impulsos de los ocelos. Internamente tiene dos estructuras llamadas "corpora pedunculum" que integra el comportamiento de insectos sociales como las abejas, las avispas y las hormigas.

b. Deuterocerebro

Recibe los impulsos y gobierna el movimiento de las antenas.

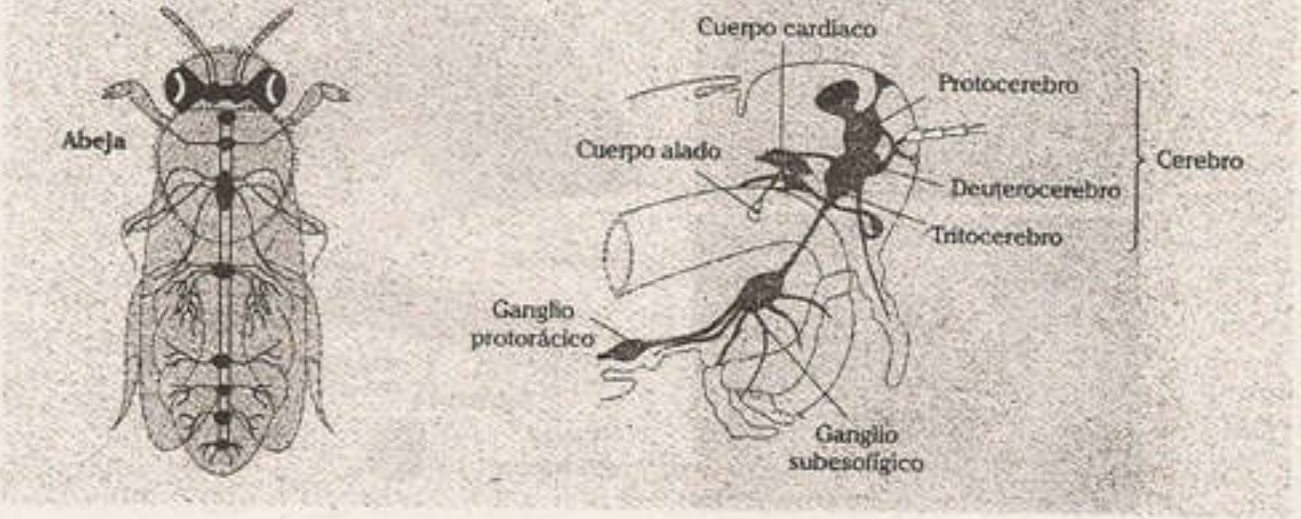
c. Tritocerebro

Se comunica en su parte inferior con el ganglio subesofágico.

Muchas actividades de los artrópodos son controladas al nivel de cada segmento. Después de eliminar el cerebro, los miembros de diversas especies pueden moverse, comer y llevar a cabo otras funciones normalmente. Por ello, el cerebro parece actuar no tanto como un estimulador de la acción del animal, sino como inhibidor.

Libreros Editores

SISTEMA NERVIOSO DE LOS INSECTOS



Estos son muy desarrollados y diversos, responden, entre otros, a estímulos mecánicos, auditivos, químicos y visuales.

Los estímulos producidos por contacto, presión, vibración y semejantes son recogidos por las sensilas distribuidas por las antenas, patas y cuerpo. Las sensilas son pelos conectados a una terminación nerviosa situada justo por debajo de la cutícula.

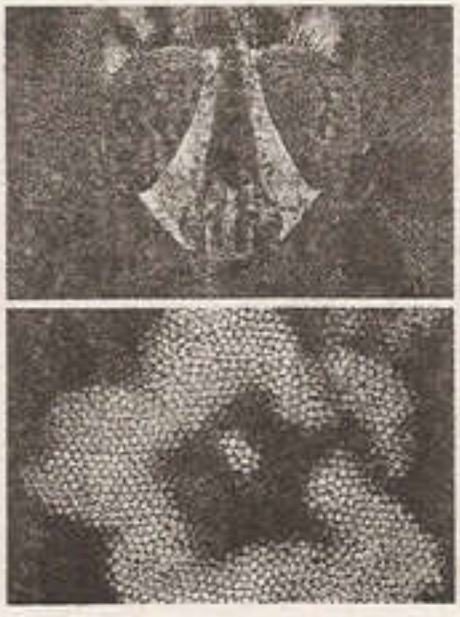
Modelos de comportamiento de los insectos, como la alimentación, el apareamiento, la selección del biotopo, las respuestas a sustancias repelentes y atrayentes vienen determinadas por el sentido del olfato.

Los quimiorreceptores gustativos u olfativos son fascículos de prolongaciones de células sensoriales que generalmente se localizan en fosetas situadas a menudo en las piezas bucales, aunque en hormigas, abejas y avispas se encuentran también en las antenas, y en las mariposas, las polillas y las moscas en las patas.

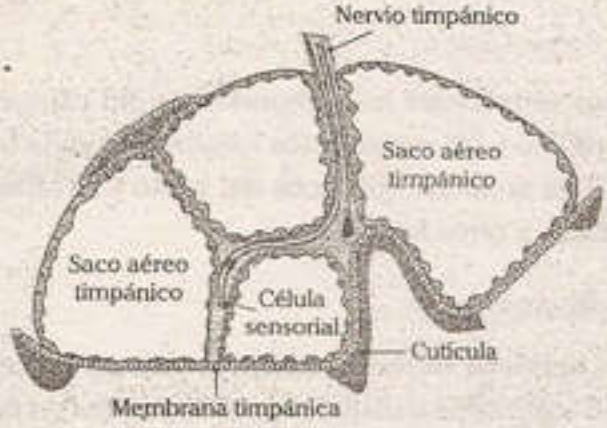
La mayoría de insectos tienen tres ojos simples (ocelos) y un par de ojos compuestos en la cabeza. Los ojos simples comprueban la intensidad de la luz, pero no forman imágenes.

Los ojos compuestos están formados por fotorreceptores llamados omatidios orientados en casi todas las direcciones, y cuyo número es variado, desde unos 4000 en la mosca doméstica, 6000 en abejas, 10 000 a 30 000 en mariposas y 40 000 en libélulas.

En conjunto participan en la formación de una sola imagen, esta visión es denominada "en mosaico". Una abeja puede distinguir los colores pero su sensibilidad comienza en la franja del ultravioleta que el hombre no puede ver, y llega solo hasta el naranja.



Los sonidos para la comunicación en algunos insectos pueden ser detectados por sedas muy sensibles (sensilas tricógenas) o por órganos timpánicos. Estos órganos existen en ciertos ortópteros, homópteros y lepidópteros, y constan de una serie de células sensoriales, relacionadas con una fina membrana timpánica que cierra un espacio aéreo donde se detectan las vibraciones.



e. Otros sentidos

Los insectos tienen bien desarrollados órganos sensoriales para la temperatura, especialmente en las antenas y patas, y para la humedad la propiocepción, la gravedad y otras propiedades físicas. En dípteros existen un par de alas modificadas en halterios o balancines para el equilibrio durante el vuelo.

En ortópteros, los **órganos de Johnston** de las antenas miden la velocidad del vuelo. A veces se asocian con los órganos auditivos.

Comunicación entre insectos

Los insectos se comunican con otros miembros de su especie mediante señales químicas, sonoras, luminosas y táctiles. Las señales químicas son **feromonas**, sustancias volátiles producidas por un individuo que afectan el comportamiento o los procesos fisiológicos de otro; incluyen atrayentes sexuales, liberadores de ciertos comportamiento, marcadores de pistas, señales de alarma, marcadores territoriales y feromonas de identificación.

Los **sonidos** sirven como mecanismo de aviso, cortejo y reclamos territoriales; y pueden ser generados al frotar entre sí los duros bordes de sus alas anteriores en grillos y saltamontes, por la vibración de membranas en el abdomen de las chicharras.

Ciertas clases de moscas, colémbolos y escarabajos producen sus propias señales visuales en forma de **bioluminiscencia**. De los escarabajos los mejor conocidos son las luciérnagas, cuyos destellos de luz producidos en el abdomen permiten la localización de una posible pareja. Cada especie tiene su propio ritmo de destellos.

6.5.2. En arácnidos

Tienen por lo general ocho ojos simples, cada uno con una lente, bastones ópticos y retina. Principalmente los utilizan para percibir objetos en movimiento, pero algunas arañas como las cazadoras pueden formar imágenes.

Como la visión es pobre, el conocimiento de su entorno depende en gran medida de sus sedas sensoriales en la superficie corporal.

6.5.3. En crustáceos

Los órganos sensoriales más importantes del cangrejo de río son los ojos compuestos para la visión en mosaico y los estatocistos localizados en la base de las antenas para ajustar la posición de equilibrio. Los sentidos químicos del gusto y el olfato se encuentran en los pelos de las antenas, piezas bucales y otros lugares.

6.6. EQUINODERMOS

El sistema nervioso de equinodermos carece de cerebro, está formado por dos o tres retículos nerviosos, localizados a distintas profundidades en el cuerpo.

- Sistema oral (ectoneural) formado por un anillo nervioso que rodea a la boca y un nervio radial principal en cada brazo. Coordina el movimiento de los pies ambulacrales.
- Sistema aboral formado por un anillo que rodea al ano y nervios radiales a lo largo del techo de los radios, coordina las respuestas de las branquias dérmicas ante un estímulo táctil.

Los órganos de los sentidos no están bien desarrollados. Las estrellas de mar presentan órganos táctiles, células termosensibles y quimiosensibles dispersas por toda la superficie, y una mancha ocular en el extremo de cada brazo. Los pies ambulacrales poseen receptores táctiles y de calor.

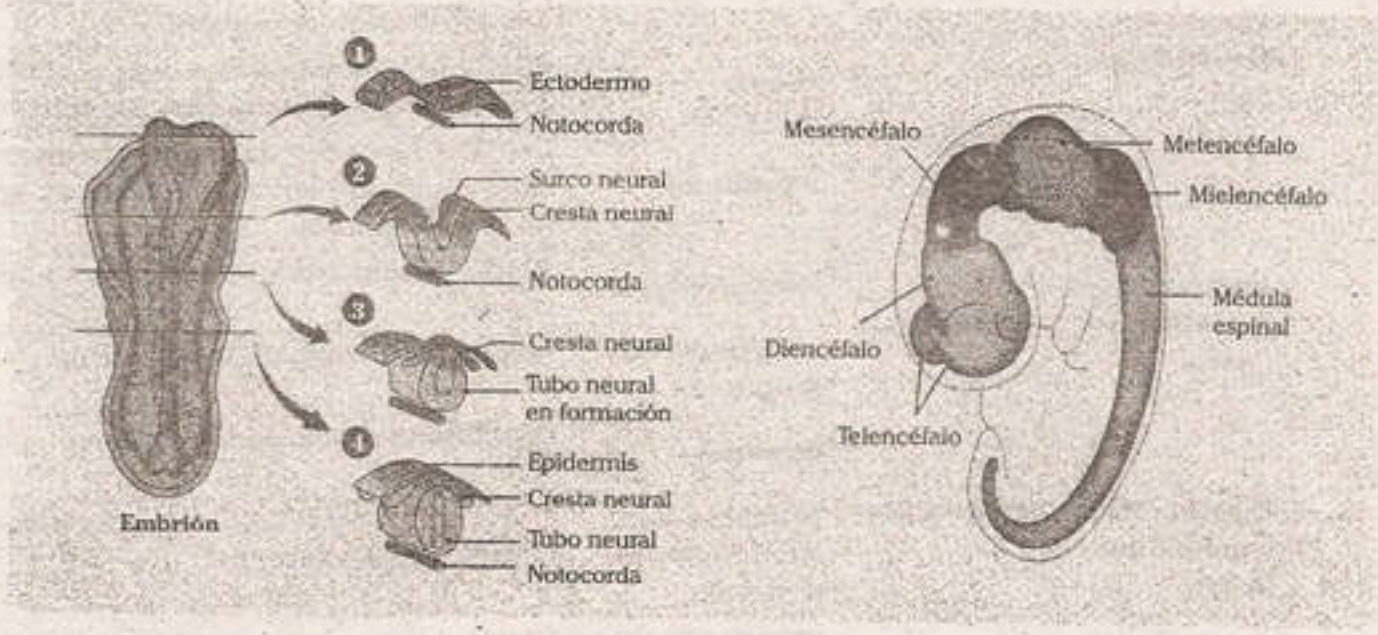
6.7. CORDADOS

En vertebrados, el cerebro primitivo experimenta un gran desarrollo y controla a los sistemas ganglionares, en un proceso llamado encefalización. Este tipo de sistema nervioso presenta una expresión extrema en el cerebro humano por el enorme desarrollo de la corteza cerebral, relacionado con las funciones superiores que nos diferencian de otros organismos.

El sistema nervioso central está conformado por un cordón nervioso hueco, tubular y dorsal; cuyo origen embrionario es a partir del ectodermo, en un proceso denominado neurulación.

6.7.1. Origen embriológico del sistema nervioso central

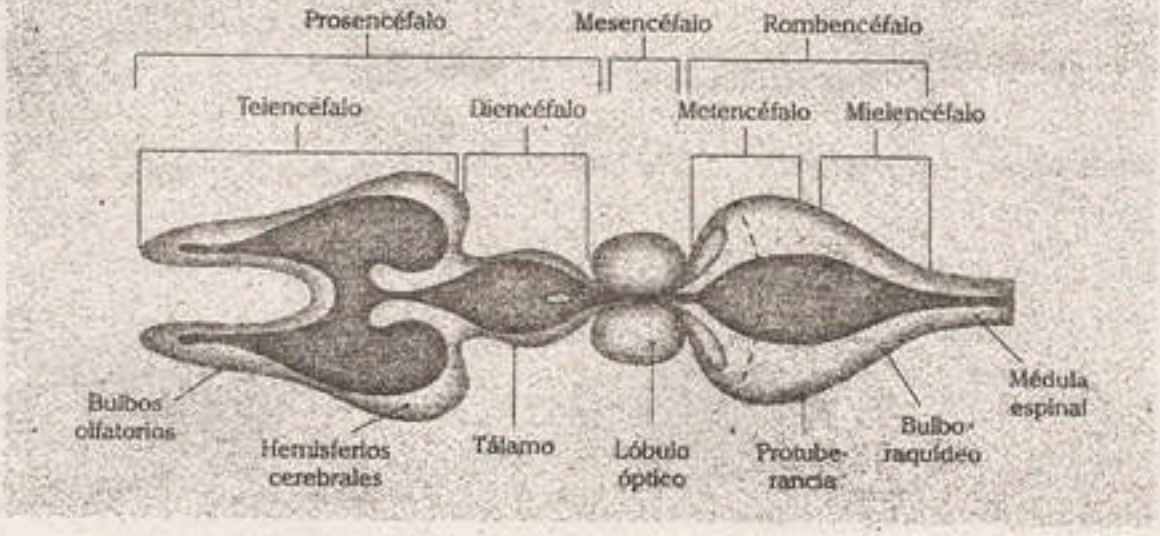
El proceso denominado neurulación se inicia cuando las secreciones de la notocorda estimulan la invaginación de la placa neural, que es la franja dorsal engrosada del ectodermo. Los bordes de la placa se pliegan para formar el tubo neural.



A partir del extremo anterior del tubo neural se desarrolla el encéfalo y el resto formará la médula espinal.

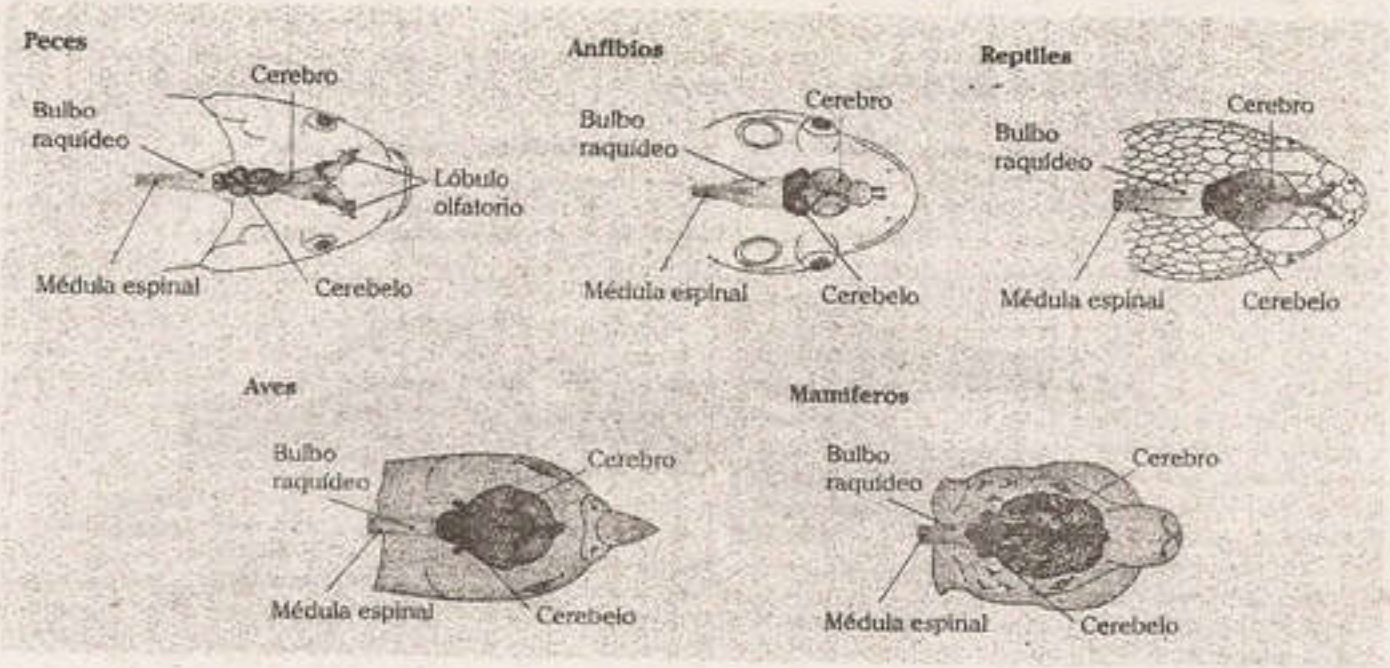
En el encéfalo embrionario se diferencian tres vesículas encefálicas: prosencéfalo, mesencéfalo y rombencéfalo, que darán origen a diversos componentes especializados del encéfalo. En los adultos cada componente del encéfalo está especializado en una función determinada y su grado de desarrollo depende de las adaptaciones del individuo.

ENCÉFALO DE VERTEBRADO



Embrión temprano	Embrión tardío	Adultos	Función
Prosencéfalo (encéfalo anterior)	telencéfalo	cerebro	Controla movimientos de músculos voluntarios, centro de percepción consciente del tacto, presión, dolor, temperatura, gusto; integración y proceso de datos sensoriales.
	diencéfalo	tálamo	Integra la información que llega al tálamo y la retransmite a los lóbulos frontales del cerebro.
		hipotálamo	Controla funciones autónomas, termorregulación, equilibrio hídrico, sed, hambre, agresividad y apetito sexual.
Mesencéfalo (encéfalo medio)	mesencéfalo	lóbulos ópticos	Integra la información visual con otras informaciones.
		núcleos del mesencéfalo	Control involuntario del tono muscular.
Rombencéfalo (encéfalo posterior)	metencéfalo	cerebelo	Coordinación involuntaria, equilibrio, tono muscular, postura.
		protuberancia anular o puente de varolio	Une el cerebelo con otros centros encefálicos, el bulbo y la médula espinal.
	mielencéfalo	médula oblonga (bulbo raquídeo)	Regula el ritmo cardíaco, tono vasomotor, respiración, deglución.

Región anterior y de mayor desarrollo en el sistema nervioso central de vertebrados. Se encuentra protegida por los huesos del cráneo y meninges. Los peces poseen una sola meninge denominada primitiva, los anfibios poseen dos y los reptiles, aves y mamíferos poseen tres meninges.



En peces

El encéfalo de la mayor parte de los peces consiste en un gran cerebelo, un par de lóbulos ópticos y un cerebro relativamente pequeño, del que se prolongan los lóbulos olfatorios y su ampliación, los bulbos olfatorios.

El cerebro de los peces es, fundamentalmente, un centro de información olfatoria y se le llama **rinencéfalo**. Posee una glándula pineal (epífisis) fotosensible cuya función endocrina es el control de los ritmos biológicos.

Los lóbulos olfativos están más desarrollados en peces que cazan principalmente por el olor como los tiburones. Los lóbulos ópticos son de mayor tamaño en especies que cazan con la vista, como la trucha arcoíris.

El cerebelo de gran tamaño recibe estímulos procedentes del oído interno, de la línea lateral y de la musculatura de las aletas; es el centro motor de estos organismos que tienen que navegar y orientarse en un mundo tridimensional, en el que el equilibrio y la postura son muy importantes. En peces bentónicos, como el lenguado, y peces nadadores poco activos, el cerebelo tiene un tamaño relativamente pequeño.

Los peces poseen diez pares de nervios craneales. Dos grandes neuronas del VIII par craneal, llamadas **células de Mauthner**, participan en la coordinación de los movimientos de natación.

En anfibios

El encéfalo de los anfibios está más desarrollado que el de los peces; el cerebro, que es pequeño, ya presenta hemisferios cerebrales. Sin embargo, la unidad fundamental en el encéfalo es el téctum del mesencéfalo con lóbulos ópticos muy desarrollados, es la principal zona de asociación. El encéfalo se recubre con dos meninges (piamadre y duramadre).

En anfibios terrestres se pierde el sistema de la línea lateral y la cantidad de información sensorial que recibía el cerebelo disminuyó; no obstante, la coordinación de las acciones musculares para la locomoción en tierra firme hizo que el papel del cerebelo siga siendo muy importante. Por ello, el cerebelo sigue siendo muy voluminoso.

Presentan diez pares de nervios craneales, pero en los urodelos se presentan once pares.

En reptiles

El encéfalo de los reptiles exhibe un mayor desarrollo del cerebro y el cerebelo que en los anfibios. En los reptiles inicia el predominio del cuerpo estriado en el telencéfalo, y está relacionado con el control de comportamientos estereotipados complejos. Los reptiles presentan doce pares de nervios craneales homólogos a los de los mamíferos.

En aves

En los reptiles y, especialmente en las aves, la estructura más prominente del telencéfalo es el **cuerpo estriado**, que está relacionado con el control de comportamientos estereotipados complejos.

El cerebelo, grande y replegado, está dividido en varios lóbulos y es el órgano responsable de la coordinación muscular durante el vuelo.

Lumbreras Editores

El cerebro de un ave típica es mucho más grande que el de un reptil de un tamaño aproximadamente igual, pues es necesario un cerebro eficiente para la integración de estímulos y el control complicado del vuelo.

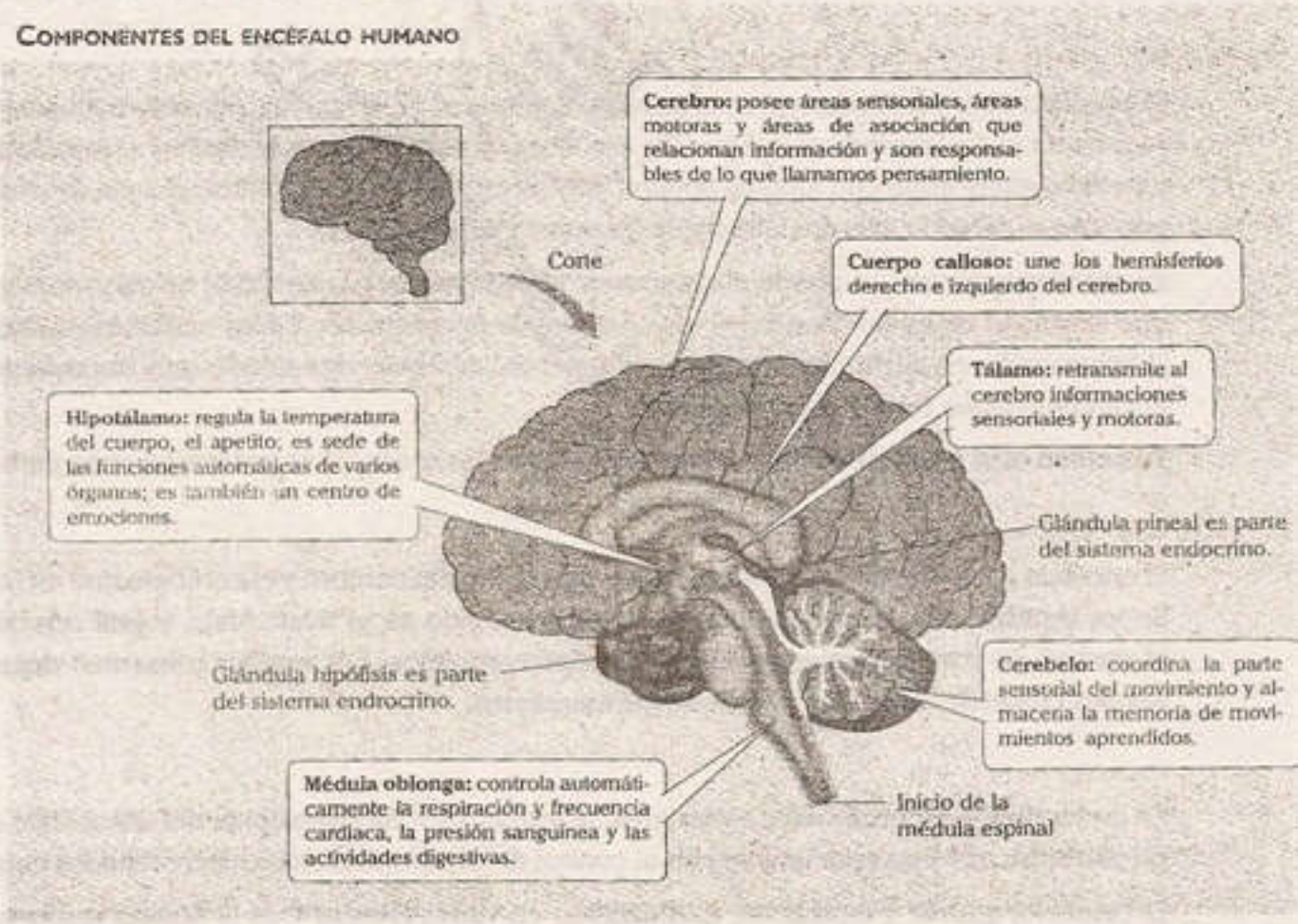
En las aves, los ganglios basales de la zona subcortical conforman el cuerpo estriado, se han desarrollado y comprenden el centro principal de integración nerviosa.

En mamíferos

El cerebro está compuesto por dos grandes hemisferios cerebrales, divididos en corteza y región subcortical. La corteza cerebral es el principal centro de integración, está muy desarrollado en mamíferos superiores y, en especial, en la especie humana, donde los muchos pliegues y circunvoluciones de la corteza cerebral aumentan notablemente su área superficial. En placentarios los hemisferios cerebrales se conectan entre sí por una masa de fibras muy compacta, llamada cuerpo calloso.

El cerebelo está más desarrollado y tiene dos funciones fundamentales: integración de informaciones relacionadas con los sentidos (vista, tacto y oído) para mantenimiento del equilibrio y tono muscular y el ajuste fino de las funciones motoras.

COMPONENTES DEL ENCÉFALO HUMANO



5.7 3. Órganos sensoriales

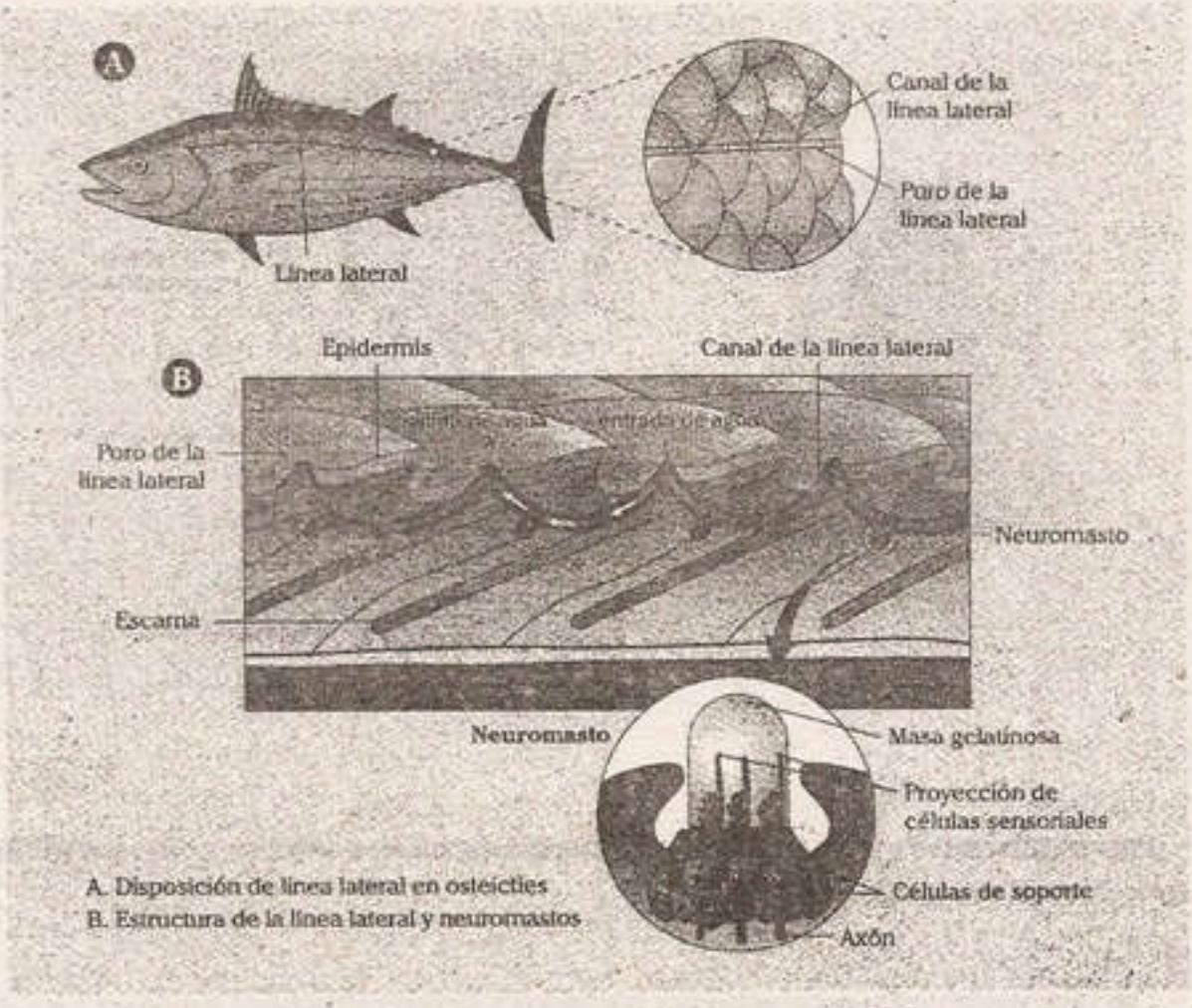
En peces

a. Sistema de la línea lateral

Se encuentra a ambos lados del cuerpo, posee **neuromastos** que perciben las corrientes de agua (reorrecepción) y las vibraciones u ondas de presión producidas por los organismos (barorrecepción). La información aportada le servirá al pez para acercarse a la posible presa, alejarse de un depredador, buscar al cardumen, detectar la situación de objetos inmóviles y navegar en aguas oscuras.

b. Ojos

Ubicados a ambos lados de la cabeza para la visión bilateral, lo que proporciona un gran ángulo visual. Está adaptado para la visión cercana.



A. Disposición de línea lateral en osteictios
B. Estructura de la línea lateral y neuromastos

c. Sacos olfatorios

Situados delante de los ojos, que permiten la detección del alimento, orientación en las migraciones (salmón) o el comportamiento social.

d. Botones gustativos

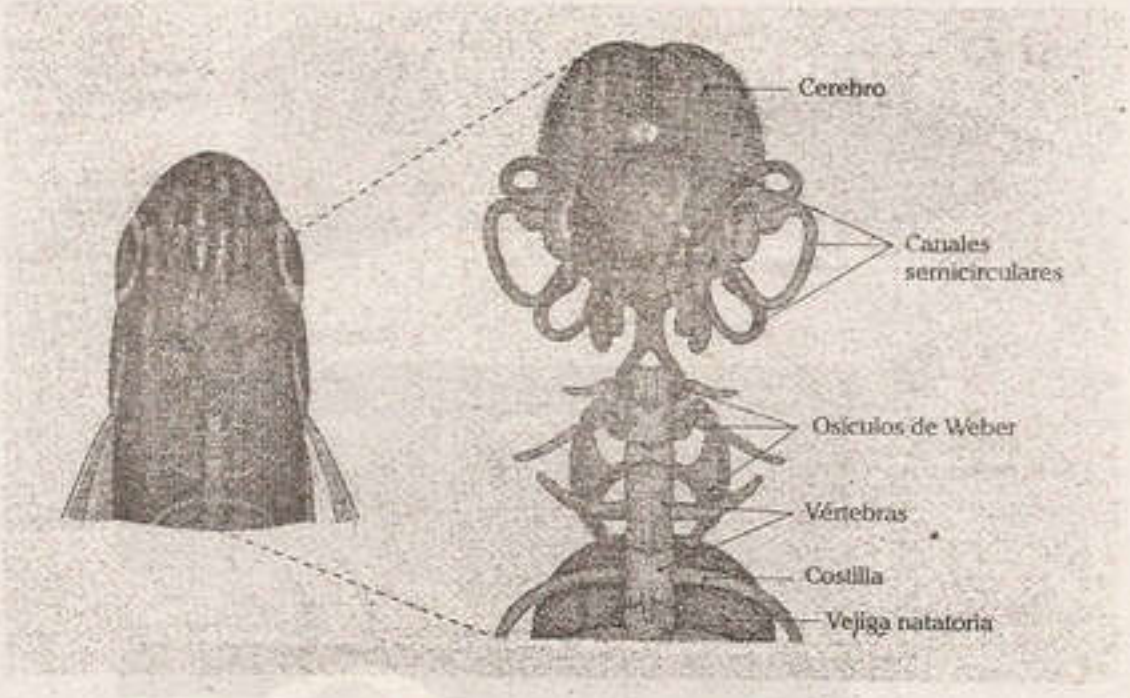
No están circunscritos a la región de la boca, sino que también es frecuente encontrarlos en la cabeza e incluso en el tórax. Las barbas en el bagre suelen ser portadores especiales de botones gustativos además de receptores térmicos y mecánicos.

e. Cápsula ótica (oído interno)

Capta ondas sonoras transmitidas desde la vejiga natatoria por una serie de huesos modificados de las vértebras llamado **aparato de Weber**. También permite mantener el equilibrio del pez y de informarle sobre el grado de aceleración que desarrolla su marcha.

f. Ampolla de Lorenzini

Presente en los condricties (tiburones, rayas y quimeras), adaptados para la percepción de estímulos eléctricos. Están formados por una red de canales con electrorreceptores cubiertos con una sustancia gelatinosa, con una abertura hacia el exterior por medio de un poro en la piel.



En anfibios

a. Línea lateral

Presente en larvas y algunos adultos urodelos de hábitat acuático como los tritones. Detecta corrientes de agua y ondas de presión.

b. Visión

Los ojos suelen estar protegidos por párpados y tienen estructuras similares a los de cualquier vertebrado (retina, cristalino, pupila), salvo en especies de hábitos fosoriales, en general ápodos, en los que estos órganos se hallan cubiertos por una capa de piel.

Las larvas y algunos adultos presentan ojo pineal, un órgano que está en contacto con la epífisis y recibe estímulos luminosos que se relacionan con los ciclos circadianos.

c. Audición

El oído consta de la cavidad timpánica cuyo límite es el tímpano, cuya vibración por ondas sonoras es transmitida hacia el oído interno mediante la columela. El oído interno presenta tres canales semicirculares para el equilibrio y lagena para la audición.

d. Gusto

Poseen papilas gustativas en el epitelio bucal, lengua y piel de los maxilares.

e. Olfación

El **órgano de Jacobson** es un quimiorreceptor, localizado en la proximidad de las coanas y revestido de epitelio olfativo.

twitter.com/calapenshko

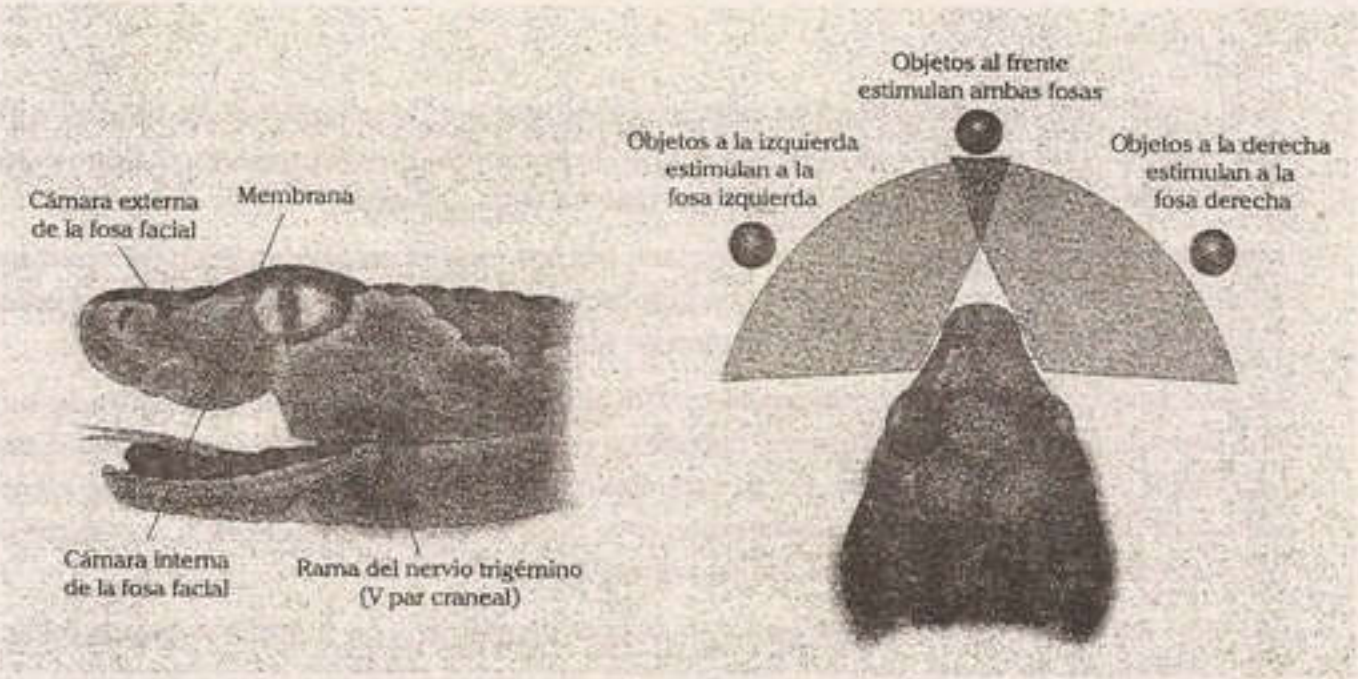
En reptiles

a. Visión

Los ojos de los reptiles pueden presentar párpados móviles o no. Los cocodrilos presentan membrana nictitante que tiene como función lubricar el globo ocular. La disposición de conos y bastones en la retina es variable dentro de la clase, en función del tipo de hábito (diurno o nocturno). Los rincocéfalos y muchos lacertilios presentan ojo parapineal. Actúa como un detector de luz y presenta cristalino y retina.

b. Fosela facial

Algunos ofidios complementan la información visual con la obtenida por las fosetas loreales (en crotalinos) o labiales (en boas y pitones), que consisten en órganos termorreceptores cuya comunicación al exterior se hace conspicua por delante de los ojos.



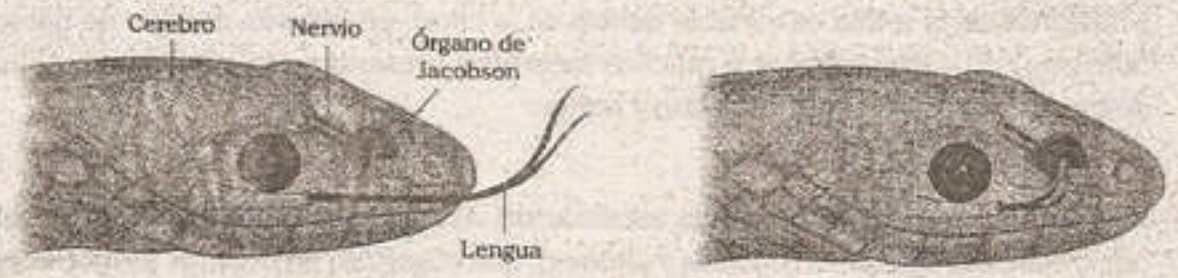
El oído medio de los reptiles está conformado por la **columela**, que transmite los estímulos desde el tímpano al oído interno. En los ofidios el hueso cuadrado puede actuar captando las vibraciones aéreas en lugar del tímpano. En cocodrilos presentan el oído interno más complejo e inician la formación de una cóclea rudimentaria.

d. Gusto

El sentido del gusto radica en las papilas de la lengua.

e. Olfato

Sentido bien desarrollado, el epitelio olfatorio se encuentra en la cámara olfatoria, cuya estructura es mucho más compleja en los cocodrilos. El olfato se complementa con el **órgano de Jacobson o vomeronasal (vomerolfato)**, que está muy bien desarrollado en todos los escamados, en los que se abre en el techo de la boca. En algunos la función de este órgano quimiorreceptor es ayudada por la lengua bífida, que hace llegar hasta él partículas que toma del ambiente. En las tortugas se abre a la cavidad nasal y los cocodrilos carecen de este órgano.



En aves:

a. Visión

Es el sentido más desarrollado en las aves, lo cual se refleja en el tamaño tan grande de los globos oculares, que ocupan casi el 15% del peso de la cabeza. En aves rapaces el globo ocular es alargado, lo cual ayuda a que tengan una visión a larga distancia.

Los ojos tienen una estructura interna llamada **pecten**, que es un pliegue lleno de vasos sanguíneos que se localiza en la córnea y que proporciona nutrición al ojo, protege la retina contra la luz deslumbrante y ayuda en la detección de objetos en movimiento.

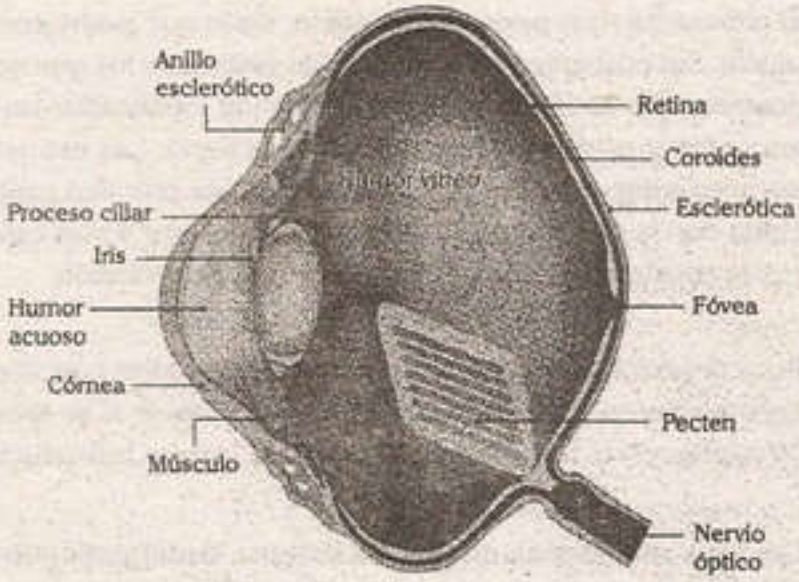
La gran agudeza visual está relacionada con un alto número de conos en una región de la retina llamada **fóvea**. Las aves rapaces, colibríes y golondrinas poseen una segunda fóvea para una mejor visión de los laterales. El ojo está cubierto por los párpados, pero estos se cierran solo para dormir. La **membrana nictitante** sirve para limpiar y humedecer la superficie del ojo, función realizada por el parpadeo en los mamíferos.

Las aves dependen del reconocimiento visual para identificar a los miembros del otro sexo o a sus enemigos, así como para la localización de sus presas a grandes distancias, como en el caso de las aves rapaces. El espectro de luz que las aves son capaces de ver es mayor que el de nosotros, pues alcanzan a percibir algunas longitudes ultravioleta.

VISIÓN EN AVES

Visión frontal

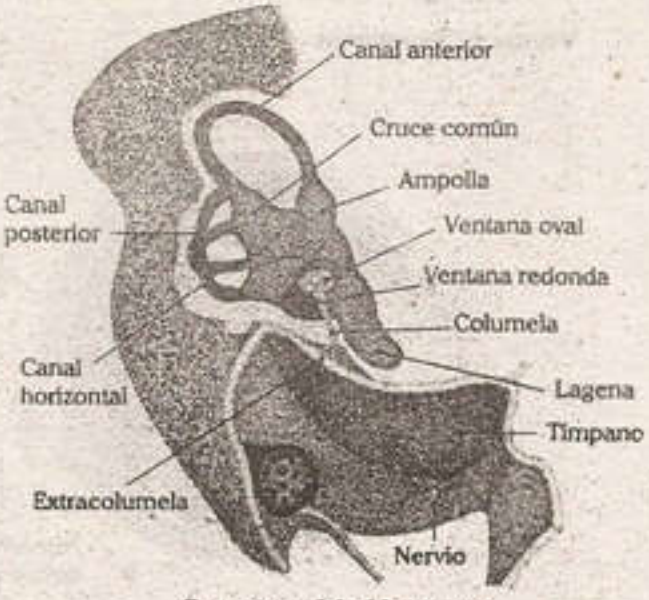
Visión bilateral



Estructura del ojo en aves

El oído está también muy desarrollado, pues gran cantidad de especies dependen de señales auditivas, cantos y llamadas para comunicarse entre sí, conseguir sus presas, defender sus territorios y atraer a la pareja. El oído está compuesto por un tímpano y el hueso del oído medio, llamado columela similar al de los reptiles, que transmite las vibraciones al oído interno con una cóclea (caracol) rudimentaria. Algunas aves tienen un sentido del oído tan fino que les permite orientarse en la oscuridad mediante el eco al igual que los murciélagos, como es característico del guácharo. Otras aves nocturnas, como los búhos, pueden localizar sus presas de manera muy eficiente gracias a una asimetría en la disposición de los oídos, pues de un lado está situado en un plano ligeramente arriba del otro lado, así el ave puede triangular sus oídos con la presa haciéndola más fácil de localizar.

OÍDO EN AVES



Estructura del oído en aves

c. Olfato

El olfato está muy poco desarrollado, tanto que podríamos decir que la mayoría no percibe los olores. Sin embargo, los kiwis son los únicos de los que se sabe tienen un buen olfato, pues sus nostrilos (las aberturas nasales) se hallan localizados en la punta del pico, lo que les permite encontrar gusanos y larvas debajo de la tierra. Las estructuras internas de las fosas nasales de las aves están adaptadas a un nuevo y más práctico propósito en el vuelo: aquel que se relaciona con la sensibilidad a la velocidad del aire. Estas estructuras responden a la presión dada por la resistencia del aire cuando el ave está volando.

d. Gusto

Poco desarrollado, aunque se piensa que pueden percibir algunos tipos de sabores al igual que los mamíferos. Esta deficiencia se hace notable si se sabe que algunas aves tienen no más de 70 papilas en la lengua, mientras que la lengua humana cuenta con alrededor de 10 000.

e. Magnetorrecepción

Las aves migratorias utilizan su sistema visual para percibir la dirección de referencia obtenida del campo magnético de la Tierra. En ella participan los **criptocromos** presentes en las neuronas que reciben datos de la retina de aves migratorias.

f. Corpúsculos de Herbst-Grandry

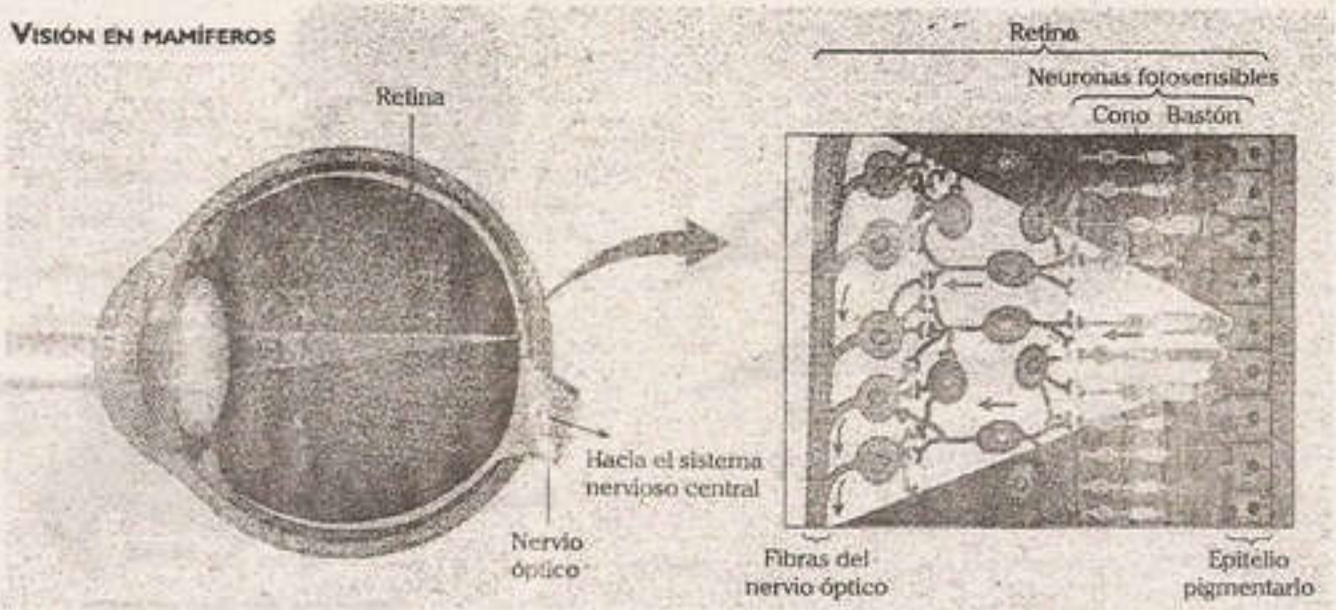
Corpúsculos táctiles se localizan en los bordes y punta del pico, así como en la cavidad bucal. Transmiten las percepciones relativas al tamaño, forma, dureza y características superficiales de los alimentos. En aves limícolas, como los anseriformes, permiten sentir las presas bajo la arena o suelo húmedo.

En mamíferos

a. Visión

La visión estereoscópica está especialmente desarrollada entre los grupos arborícolas y carnívoros. La mayoría de los mamíferos nocturnos poseen *tapetum lucidum*, una capa reflectante que permite la visión en bajas intensidades de luz. Algunos cetáceos, los cavadores y algunos mamíferos nocturnos han reducido notablemente su capacidad de visión.

VISIÓN EN MAMÍFEROS



b. Gusto

Las papilas gustativas suelen estar situadas en la lengua en los mamíferos y participan en la estimulación de la secreción de saliva y jugos gástricos. Si bien existen en humanos cuatro submodalidades: dulce, agrio, salado y amargo, estas no se perciben de la misma manera en otros animales.

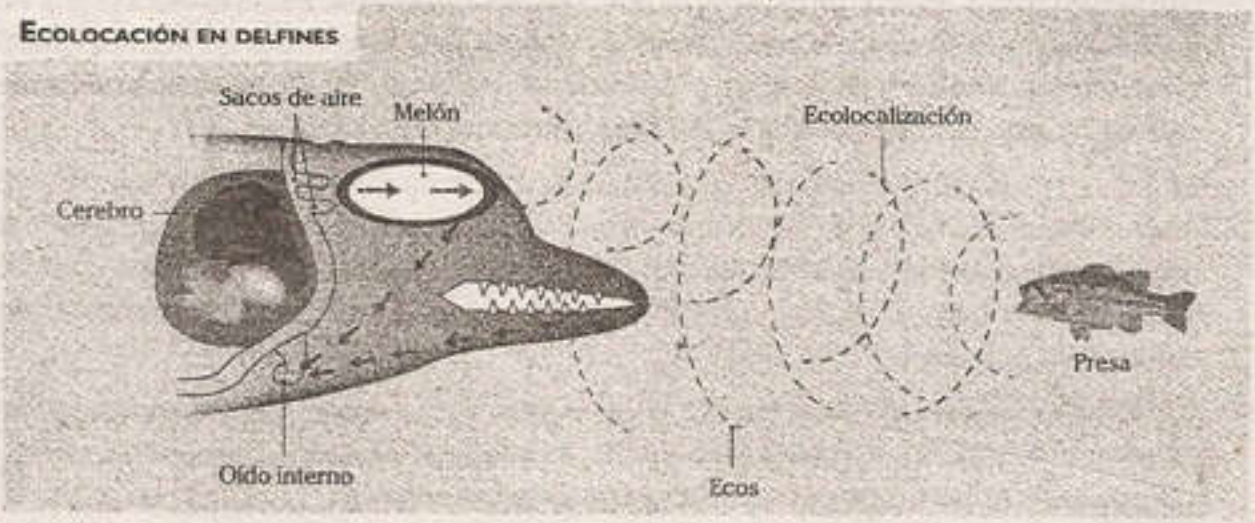
c. Olfato

El olfato es esencial para la captura de alimento y el reconocimiento entre individuos, la orientación, etc.; está muy desarrollado en mamíferos excepto en primates superiores y cetáceos. Todos tienen órgano de Jacobson (vomeronasal), una bolsa revestida de epitelio olfativo que se comunica con la cavidad oral. Sirve para detectar feromonas y otras sustancias. Los bulbos y lóbulos olfatorios tienen gran desarrollo en los insectívoros, carnívoros y roedores.

d. Electrorrecepción

Los monotremas son los únicos mamíferos conocidos que usan electrorrecepción. Dentro de estos, los ornitorrincos tienen el sentido más agudo. El ornitorrinco puede usar su electrorrecepción en conjunto con sensores táctiles (presión) para poder determinar la distancia a su presa, basándose en el retraso entre la llegada de señales eléctricas y cambios de presión dentro del agua.

Ecolocación en delfines



Referencias bibliográficas

- BURGGREN, W. y K. FRENCH. *Eckert Fisiología Animal: mecanismos y adaptaciones*. Cuarta edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 1998.
- HICKMAN, Cleveland; ROBERTS, Larry; LARSON, Allan; I'ANSON, Helen y David EISENHOUR. *Principios integrales de zoología*. Decimotercera edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- JESSOP, Nancy. *Zoología: invertebrados*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 1990.
- KARDONG, KV. *Vertebrados. Anatomía comparada, función, evolución*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 1999.

LECTURA

Vislumbrando en esponjas el origen del sistema nervioso

Un equipo de científicos ha dirigido su atención hacia uno de los animales más sencillos, la esponja, para buscar indicios sobre la evolución del sistema nervioso de animales más complejos, y ha descubierto que, excepto por la ausencia en las esponjas de un mecanismo que coordina la expresión de genes que conducen a la formación de sinapsis neuronales, estas y los demás animales más complejos podrían no ser tan distantes evolutivamente después de todo.

Los orígenes del sistema nervioso, tal como lo entendemos, se remontan al período evolutivo en el que prácticamente todo el resto del reino animal se separó de la rama de un ancestro común compartido con las esponjas, el grupo animal conocido más antiguo que tiene miembros vivos en la actualidad. Debió ocurrir algo que impulsó la evolución del sistema nervioso, un sistema compartido por criaturas tan simples como la hidra y tan complejas como el ser humano.

Una secuenciación anterior del genoma de la *Amphimedon queenslandica*, una esponja que vive en la Gran Barrera de Coral de Australia, mostró que dicho genoma contiene los mismos genes que conducen a la formación de sinapsis, el componente característico y altamente especializado del sistema nervioso que trasmite señales químicas y eléctricas entre las células.

Esta vez, el equipo de Kenneth Kosik, Danielle Bassett, Cecilia Conaco, Hongjun Zhou y Mary Luz Arcila, todos de la Universidad de California en Santa Bárbara, analizó de la esponja su ARN (ácido ribonucleico), una macromolécula que controla la expresión de genes. El equipo monitorizó la actividad de los genes que codifican para proteínas sinápticas, a través de las diferentes etapas del desarrollo de la esponja.

Los investigadores encontraron muchos de esos genes activándose o desactivándose, como si estuvieran haciendo algo. Estos mismos genes en otros animales son expresados al unísono, lo cual sugiere la existencia de una actividad coordinada para crear una sinapsis; en comparación, sin embargo, los de las esponjas no estaban coordinados.

Era como si la red de genes que codifican para proteínas sinápticas aún no hubiera sido interconectada. Kosik argumenta que el paso crítico en la evolución del sistema nervioso, tal como lo entendemos no fue la aparición de un gen capaz de conducir a la formación de una sinapsis, sino la regulación de genes preexistentes, de tal modo que se lograse una coordinación que les permitiera expresarse simultáneamente, un mecanismo que se propagó por el reino animal.

http://noticiasdelaciencia.com/not/4770/vislumbrando-en-esponjas-el-origen-del-sistema-nervioso/

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Son animales que carecen de tejido nervioso.

A) mamíferos B) esponjas C) aves
D) peces E) insectos

Resolución

Los animales que carecen de tejido nervioso son los poríferos, no hay presencia de neuronas pero sí presentan el carácter general de los seres vivos que es la irritabilidad.

Pregunta 2

Característica que distingue al sistema de redes nerviosas respecto al sistema nervioso de concentración neuronal.

A) ausencia de sinapsis
B) conducción lenta de impulsos
C) aislamiento de los músculos
D) conducción unidireccional
E) reflejos locales rápidos

Resolución

El sistema de redes nerviosas muy característico de los cnidarios, se caracteriza porque el impulso se hace lento ya que al no haber una centralización de las neuronas la información del estímulo va en todas direcciones.

Pregunta 3

El sistema nervioso solo es dorsal en

A) platelmintos.
B) nematodos.
C) vertebrados.
D) anélidos.
E) moluscos.

Resolución

Solo el grupo de los vertebrados presentan el sistema nervioso bilateral dorsal, debido a una diferenciación celular que ocurre en el ectodermo en la fase embrionaria formando el tubo neural, que queda localizado en el dorso de los embriones de los vertebrados.

Pregunta 4

En los cordados el bulbo raquídeo se origina del

A) prosencéfalo.
B) mesencéfalo.
C) romboencéfalo.
D) telencéfalo.
E) diencéfalo.

Resolución

Embriológicamente el bulbo raquídeo se origina del romboencéfalo específicamente de la región llamada metencéfalo.

Pregunta 5

Organismos con sistema nervioso escaleriforme.

A) celentéreos
B) mamíferos
C) moluscos
D) equinodermos
E) platelmintos

Lumbreras Editores

Resolución

Los platelmintos presentan un sistema nervioso dineuro-hiponeuro o también denominado escaleriforme, por la forma que presenta dos cordones nerviosos longitudinales con varios nervios transversales que toman la apariencia de escalera.

Clave E

Pregunta 6

Es una característica del sistema nervioso en insectos la presencia de

A) un par de ocelos.
B) un par de cordones nerviosos dorsales.
C) un anillo circunoral.
D) cordones nerviosos ventrales.
E) tres pares de ganglios.

Resolución

Los insectos se caracterizan por un sistema nervioso dineuro-hiponeuro y este se inicia en la cabeza con dos ganglios cefálicos desarrollados, del cual nacen dos cordones nerviosos ventrales.

Clave D

Pregunta 7

La hidra tiene un movimiento conocido como "voltereta", para lo cual hace uso de un tejido nervioso distribuido en su mesoglea y conocido como

A) sistema reticular.
B) sistema nervioso central.
C) sistema nervioso dorsal.
D) sistema radial.
E) sistema vascular acuífero.

Resolución

Los cnidarios, que es el grupo de las medusas, anémonas e hidras, se caracterizan por la presencia de un sistema nervioso reticular en red o difuso.

Clave A

Pregunta 8

Organismos acelomados con sistema nervioso bilateral.

A) celentéreos
B) mamíferos
C) moluscos
D) equinodermos
E) platelmintos

Resolución

Los platelmintos son animales acelomados que se caracterizan por un sistema nervioso ventral formado por dos cordones y dos ganglios cefálicos.

Clave E

Pregunta 9

Es una característica del sistema nervioso en cefalópodos.

A) Presentan un par de ocelos.
B) Presentan un par de cordones nerviosos dorsales.
C) Presentan un anillo circunoral.
D) Presentan cordones nerviosos ventrales.
E) Tienen un sistema nervioso ganglionar.

Resolución

En los cefalópodos, como el pulpo, es característico la presencia de unos enormes ganglios cefálicos desarrollados, alojados en una bóveda craneal; como todos los moluscos presentan tres pares de ganglios que inervan todo el cuerpo.

Clave E

Lumbreras Editores

Pregunta 10

En los vertebrados, como los mamíferos, los hemisferios cerebrales se originan del

A) mielencéfalo.
B) metencéfalo.
C) mesencéfalo.
D) diencéfalo.
E) telencéfalo.

Resolución

El origen de los hemisferios cerebrales es en el proencéfalo y este al dividirse en dos segmentos forma el telencéfalo y diencéfalo, del telencéfalo se originan los hemisferios cerebrales.

Clave E

Pregunta 11

En los anélidos, el sistema nervioso se caracteriza por

A) presentar un cerebelo primitivo.
B) presentar un anillo circunoral.
C) presentar tres pares de ganglios.
D) presentar dos cordones nerviosos ventrales.
E) presentar dos cordones nerviosos dorsales.

Resolución

El sistema nervioso en los anélidos como la lombriz de tierra, es dineuro-hiponeuro, por lo tanto, presenta dos cordones nerviosos ventrales.

Clave D

Pregunta 12

Organismos animales cuyo sistema nervioso posee un anillo circunoral y cinco nervios radiales

A) quelonios.
B) antozoos.
C) turbelarios.
D) equinoideos.
E) trematodos.

Resolución

El sistema nervioso radial que es muy característico de los equinodermos presenta un anillo que rodea el inicio del sistema digestivo, por lo tanto se le denomina circunoral.

Clave D

Pregunta 13

Vertebrados con diez pares de nervios craneales.

A) peces y anfibios
B) anfibios y reptiles
C) aves y mamíferos
D) peces y reptiles
E) aves y peces

Resolución

Los diez pares craneales se presentan en los anamniotas como los peces y anfibios.

Clave A

Pregunta 14

Poseen bulbo olfatorio muy desarrollado.

A) equinodermos
B) tunicados
C) peces óseos
D) aves
E) mamíferos

Resolución

Los peces presentan la zona del telencéfalo muy desarrollado, lo que en este caso logra formar el bulbo olfatorio, que es un órgano que inerva el sentido del olfato en sus fosas nasales.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 15

Organismo con cefalización y sistema nervioso dorsal hueco.

A) malagua
B) mosca doméstica
C) caracol de jardín
D) estrella de mar
E) pejerrey

Resolución

El sistema nervioso de peces es dorsal-hueco y en su interior circula el líquido cefalorraquídeo.

Pregunta 16

Son animales de cuerpo cilíndrico y sistema nervioso bilateral.

A) platelmintos
B) nematodos
C) equinodermos
D) poríferos
E) celentéreos

Resolución

Los nematodos presentan un cuerpo cilíndrico a diferencia del cuerpo plano de los platelmintos y además tienen un sistema nervioso bilateral tetraneuro.

Pregunta 17

El tipo de sistema nervioso hiponeuro caracteriza a

A) las almejas.
B) la sanguijuela.
C) el erizo de mar.
D) los oxiuros.
E) los nematodos.

Resolución

El sistema nervioso ventral, formado por dos ganglios y dos cordones nerviosos, es muy característico en los anélidos y dentro de ellos tenemos a los hirudíneos como la sanguijuela.

Pregunta 18

El sistema nervioso solo se encuentra en el

A) reino monera.
B) reino protista.
C) reino fungi.
D) reino metafita.
E) reino metazoa.

Resolución

Solo en el reino de los animales hay presencia de un sistema nervioso, también se le conoce como reino metazoa.

Pregunta 19

Organismos con lóbulos ópticos y cerebelo muy desarrollado.

A) anfibios
B) aves
C) mamíferos
D) reptiles
E) peces

Resolución

Las aves presentan un mayor desarrollo de los lóbulos ópticos por la adaptación a la visión lejana durante el vuelo, y la coordinación neuromuscular es regulada por el cerebelo.

Lumbreras Editores

Pregunta 20

Presentan once pares de nervios craneales.

A) ranas
B) salamandras
C) cecilias
D) serpientes
E) ballenas

Resolución

Los urodelos presentan once pares craneales, como la salamandra, a diferencia de su grupo de anfibios que presenta diez, por lo tanto hay una coordinación neuromuscular en el movimiento del cuello.

Clave: B

Pregunta 21

Corpúsculos táctiles presentes en el borde del pico de aves.

A) de Meissner
B) de Herbst Grandry
C) de Paani
D) de Krauss
E) de Mauthner

Resolución

En el borde del pico de las aves, los corpúsculos de Herbst Grandry transmiten información sobre tamaño, forma y dureza de los alimentos; en aves como las parihuanas les permite detectar el alimento bajo el fango.

Clave: B

Pregunta 22

Participa en la coordinación de los movimientos de natación en peces.

A) corpúsculos de Herbst Grandry
B) osículos de Weber
C) células de Mauthner
D) órgano de Corti
E) cuerpo estriada

Resolución

Dos grandes neuronas del VIII par craneal, llamadas células de Mauthner, participan en la coordinación de los movimientos de natación en peces.

Clave: C

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Organismos con bulbo olfatorio muy desarrollado.

A) anfibios B) aves
C) mamíferos
D) reptiles E) peces

2. En los vertebrados el órgano encefálico responsable de la coordinación neuromuscular es el

A) cerebro.
B) mesencéfalo.
C) cuerpo calloso.
D) cerebelo.
E) bulbo raquídeo.

3. El cerebelo tiene origen embrionario en el

A) telencéfalo.
B) diencéfalo.
C) prosencéfalo.
D) romboencéfalo.
E) mesencéfalo.

4. No es una característica del encéfalo de las aves.

A) Es mayor que el de los peces.
B) Hay una reducción de los lóbulos olfatorios.
C) Los lóbulos ópticos son pequeños.
D) El cerebelo es grande y replegado.
E) Hay un desarrollo del cerebro anterior.

5. En reptiles lo que más se ha desarrollado a nivel del encéfalo son

A) cerebro y bulbo olfatorio.
B) cerebelo y lóbulos ópticos.
C) lóbulos ópticos y bulbo raquídeo.
D) vía olfatoria y mesencéfalo.
E) bulbo y vías olfatorias.

6. El colibrí, quien puede mover sus alas 90 veces por segundo, presenta como órgano sensorial más desarrollado

A) el cerebelo.
B) los lóbulos olfatorios.
C) el gusto.
D) la visión.
E) el tacto.

7. Es una característica del sistema nervioso en arácnidos.

A) Presentan un ganglio cefálico.
B) Presentan un par de cordones nerviosos dorsales.
C) Presentan un anillo circunoral.
D) Presentan cordones nerviosos ventrales.
E) Presentan seis pares de ganglios.

8. Presentan diez pares de nervios craneales.

A) peces y anfibios
B) reptiles y aves
C) aves y peces
D) mamíferos y anfibios
E) aves y anfibios

9. El bulbo olfatorio tiene origen embrionario en el

A) telencéfalo.
B) diencéfalo.
C) prosencéfalo.
D) romboencéfalo.
E) mesencéfalo.

Lumbreras Editores

10. No es una característica del encéfalo de los anfibios.

A) Es mayor que el de los peces.
B) Hay una reducción de los lóbulos olfatorios.
C) Los lóbulos ópticos son pequeños.
D) El cerebelo es grande y replegado.
E) Hay un poco desarrollo del cerebro anterior.

11. Los primeros animales que han desarrollado sistema nervioso.

A) celentéreos
B) anélidos
C) equinodermos
D) crustáceos
E) platelmintos

12. El cerebro de invertebrados encerrado en una caja craneana se presenta en

A) almejas.
B) calamares.
C) estrellas de mar.
D) duela hepática.
E) oxiuros.

13. De los siguientes animales uno presenta sistema nervioso en posición dorsal.

A) lombriz de tierra
B) camarón
C) araña
D) cangrejo
E) ratón

14. El segmento encefálico embrionario que origina los hemisferios cerebrales se denomina

A) telencéfalo.
B) diencéfalo.
C) encéfalo medio.
D) mesencéfalo.
E) mielencéfalo.

15. Las cisuras, surcos y circunvoluciones del cerebro se presentan muy desarrollados en

A) delfines.
B) canguros.
C) ornitorrincos.
D) halcones.
E) cocodrilos.

16. Los organismos animales en los cuales evolutivamente se inicia el proceso de cefalización son los

A) platelmintos.
B) nematelmintos.
C) cordados.
D) anélidos.
E) equinodermos.

17. El sistema nervioso que consta de un anillo circunfaríngeo con cuatro cordones nerviosos longitudinales se presenta en

A) la almeja.
B) el calamar.
C) la estrella de mar.
D) la duela hepática.
E) el oxiuro.

18. El sistema nervioso de los vertebrados se origina del

A) ectodermo.
B) endodermo.
C) mesodermo.
D) arquenteron.
E) blastoporo.

Lumbreras Editores

19. En mamíferos el centro de la audición se encuentra en la corteza cerebral del

A) lóbulo occipital.
B) lóbulo frontal.
C) lóbulo parietal.
D) lóbulo temporal.
E) hipotálamo.

20. El sistema nervioso cicloneural corresponde a

A) poríferos.
B) celentéreos.
C) estrella de mar.
D) crustáceos.
E) almejas.

21. Organismos que desarrollan sistema nervioso hiponeuro y dineuro.

A) moscas y planarias
B) anélidos y oxiuros
C) tenias y anémonas
D) erizo de mar y peces
E) lombriz de tierra y sapos

22. Presenta ganglios cefálicos fusionados.

A) gasterópodos
B) insectos
C) asteroideos
D) escifozoos
E) hidrozoos

23. En las aves el órgano encefálico responsable de la coordinación neuromuscular para el vuelo es el

A) cerebro.
B) cuerpo calloso.
C) cerebelo.
D) mesencéfalo.
E) bulbo olfatorio.

24. En las malaguas los estímulos que percibe se amplifican porque presentan sistema nervioso de tipo

A) difuso.
B) ganglionar.
C) bilateral.
D) paralelo.
E) dorsal.

Lumbreras Editores

twitter.com/calapenshko

Alex Dante Cayetano Miranda

Capítulo XXII

Locomoción animal

Objetivos:

- Conocer la estructura y fisiología del sistema locomotor de los animales.
- Entender el rol de los sistemas esquelético y muscular como partes funcionales.
- Conocer el grado de adaptación al desplazamiento locomotor de los animales.

Introducción

Una de las características más relevantes de los animales es su capacidad de realizar movimientos, por eso el sistema locomotor es un complejo orgánico cuya función central consiste en desempeñar un trabajo mecánico. Frente a determinados estímulos, todos los animales reaccionan desplazándose, bien acercándose o alejándose de dichos estímulos.

El sistema locomotor de los animales les permite desarrollar una serie de funciones que son el resultado de la adaptación de las distintas especies al medio que colonizan. La finalidad de estas funciones es obtener un mayor rendimiento de los nutrientes a favor de la supervivencia de cada individuo para su reproducción.

En los animales, el trasladarse de un sitio a otro está ligado fisiológica y ecológicamente con la dispersión de la especie, encontrar refugio, huir de posibles enemigos, aparearse y buscar alimentos. Desde esos puntos de vista, el estudio de la locomoción en los animales, debe abarcar aspectos de la Biología que van desde el estudio de los órganos locomotores o de los sistemas más o menos pasivos de transporte, hasta los mecanismos neurosensoriales, e incluso de aprendizaje, que intervienen en la orientación, regulación de los movimientos y reconocimiento del camino adecuado.

Todas estas funciones nos demuestran la importancia del movimiento en los animales y el rol que cumple en la naturaleza que se engrana a las funciones de otros seres vivos en el ecosistema.

1▸ Clasificación de las formas de movimiento

En sentido estricto se entiende como movimiento a la actividad locomotora. En general, responde a tres formas:

- **Movimiento plasmático**, propio de los protozoos rizópodos (amebas, etc.) y de las células emigrantes de los metazoos.
- **Movimiento vibrátil**, por cilios o flagelos, propio de los protozoos flagelados y ciliados, pero también de formas minúsculas, como turbelarios y rotíferos, y de células ciliadas (epitelios vibrátiles) y flageladas (singularmente los espermatozoides) de los metazoos.
- **Movimiento muscular**, típico de los animales pluricelulares, que desarrollan un sistema de músculos locomotores adecuados. Tienen, o bien movimientos peristálticos, con ondas de contracción muscular (como ocurre en anélidos y otros), o bien un sistema de palancas (como es el caso de las patas articuladas de artrópodos y vertebrados).

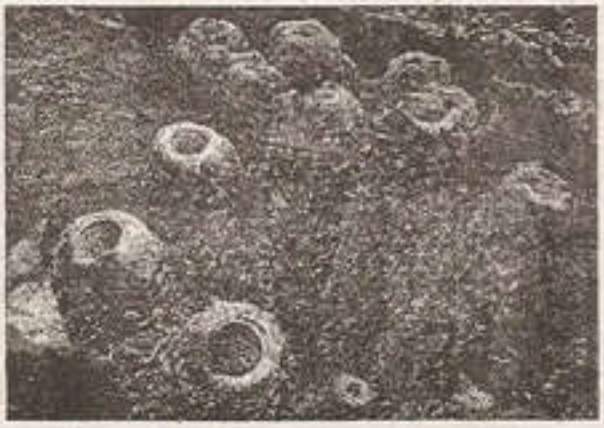
2▸ Sistema locomotor en los animales invertebrados

En los animales invertebrados su sistema locomotor está asociado a dos grandes componentes: un esqueleto, que conforma la parte pasiva, y un sistema muscular, que es la parte activa.

Los esqueletos de los invertebrados, por lo general, son:

- **Hidroesqueleto**, basado en la presencia de fibras musculares en el cuerpo del animal, que al contraerse genera una presión en el agua interna, lo que favorece cierta rigidez, como es el caso de medusas, nematodos y lombrices.
- **Exoesqueleto**, dispuesto sobre la epidermis del animal, presenta diferente estructura química, como la quitina en algunos celentéreos y artrópodos.
- **Endoesqueleto**, dispuesto bajo la epidermis, como en el caso de los equinodermos.

2.1. Poríferos



El cuerpo de las esponjas está perforado por numerosos poros comunicados entre sí por canales. Su exoesqueleto está constituido por las espículas, que son unidades esqueléticas calcáreas o silíceas, y la sustancia que la constituye se llama espongina.

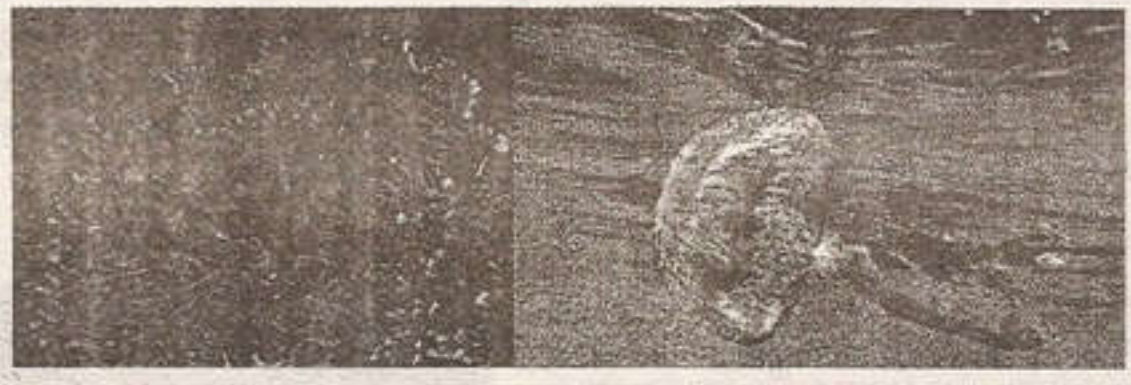
Las esponjas son prácticamente incapaces de desplazarse; muchas carecen de simetría corporal y, por tanto, no tienen una forma definida. Algunas crecen indefinidamente hasta que se topan con otra esponja en crecimiento o un obstáculo; otras se incrustan en las rocas, horadándolas, etc. Una especie determinada puede adoptar diferentes aspectos según las condiciones ambientales, como la naturaleza e inclinación del sustrato, disponibilidad de espacio, corrientes de agua, etc. No obstante, recientes estudios han demostrado que algunas esponjas pueden realmente desplazarse sobre el sustrato de un sitio a otro, pero dada su extrema lentitud (unos 4 mm al día) el fenómeno había pasado inadvertido.

Luminares Editores

2.2 CELENTEREOS

Utilizan un principal mecanismo de esqueleto denominado soporte hidrostático, el cual es generado por la contracción de ciertos músculos sobre el agua que invade el celenterón. Además, en el mesénquima encontramos algunas fibras que son muy importantes en la manutención de la forma corporal, principalmente en los antozoos. Tienen tres tipos principales de esqueletos:

- **Esqueleto axial**, presente en antozoos coloniales, en donde los amebocitos secretan una sustancia formada por proteínas y mucopolisacáridos que logra formar una masa dura y brinda una mayor consistencia a la colonia.
- **Esqueleto calcáreo**, en donde los escleroblastos sintetizan los escleritos que le dan la consistencia al esqueleto o coral. El esqueleto de cada pólipo se denomina polípero.
- **Esqueleto calcáreo masivo**, en algunos antozoos e hidrozoos son conocidos como corales verdaderos, por la secreción de abundantes cantidades de carbonato para formar grandes colonias.



Las formas móviles, como las medusas, se desplazan mediante contracciones de las células epiteliomusculares, que expulsan el agua fuera de la medusa, lo que hace que esta avance. Para realizar estas contracciones, las células epiteliomusculares están conectadas a una red nerviosa bastante difusa. También se describe un medio de locomoción en las hidras denominado volteretas.

2.3. PLATELMINTOS

A partir de los platelmintos los animales son triploblásticos, esto quiere decir que presentan mesodermo, que es la capa embrionaria que da origen al tejido muscular. Poseen músculos circulares, longitudinales y transversales que les permiten contraerse y así desplazarse. El desplazamiento es uniforme.

Los cilios proporcionan la fuerza de propulsión y la forma aplanada del cuerpo se traduce en una mayor zona de contacto con la superficie del sustrato. Las planarias de gran tamaño se mueven mediante ondulaciones musculares, de forma que las ondas de contracción recorren el cuerpo levantando y bajando la superficie ventral.

En la pared del cuerpo, por debajo de la membrana basal de los turbelarios, hay capas de fibras musculares que corren circular, longitudinal y diagonalmente. Una red de células parenquimáticas, desarrolladas del mesodermo, llenan los espacios entre los músculos y los órganos viscerales. Las planarias muy pequeñas se mueven mediante cilios. Otras se mueven por desplazamiento, con la cabeza ligeramente levantada sobre una vía mucosa secretada por las glándulas adhesivas marginales.

2.4. NEMATODOS

El sistema locomotor se basa en la presencia de un hidroesqueleto formado por un líquido pseudocelómico interno y un sistema muscular.

El sistema muscular está constituido por células mioepiteliales, las que forman una capa muscular, que corresponde a la musculatura somática general, y músculos especializados. Muchos nematodos tienen solo entre dos y cinco músculos en cada campo (meromiarios), otros tienen abundantes células musculares en cada campo (polimiarios).

Los nematodos se mueven a favor de la contracción muscular ondulatoria de las fibras longitudinales de la pared corporal. Tales ondas producen movimientos de deslizamiento similares a los de las serpientes. Constituyen factores importantes en la locomoción de los nematodos el esqueleto hidrostático del líquido pseudocelomático y la elasticidad de la cutícula.

2.5. MOLUSCOS

La locomoción en los moluscos es muy variada. Los bivalvos tienen el pie en forma de una aleta, muy desarrollada para favorecer la excavación en el medio, se hincha por la presión de la hemolinfa y favorece una fuerte adaptación por la presencia de grandes masas musculares; al fijarse fuertemente el cuerpo tira del pie por la presencia de músculos aductores, anclados en la concha o valvas, de esta manera consiguen desplazarse.

Algunas formas nadadoras se desplazan en el medio acuático generando una fuerza de propulsión debido al cierre violento de las valvas que crea una corriente de agua a manera de chorro. Cuando se fijan a un sustrato, las glándulas de bisso secretan unos filamentos que adhieren al bivalvo al sustrato. En los gasterópodos, el pie o zona ventral posee una glándula pedia que produce grandes cantidades de moco, especialmente en los terrestres ya que tienen que deslizarse; en los más pequeños existe una superficie ciliar, pero en la mayoría existen músculos en la zona ventral que producen movimientos ondulatorios que recorren longitudinalmente el pie.

En los cefalópodos, el manto posee una serie de músculos circulares y radiales. La contracción de los músculos radiales y la relajación de los circulares provoca la entrada de agua a la cavidad paleal y en sentido inverso produce la salida rápida de agua a través del sifón, lo cual genera la hidropropulsión para su locomoción. El sifón puede ser orientado a voluntad por el animal dirigiendo el chorro en el sentido que desee usarlo.

2.6. ARTRÓPODOS

El sistema locomotor en los artrópodos se basa en la presencia de un exoesqueleto quitinoso externo en donde se insertan de manera interna los músculos, que son el componente activo para la locomoción.

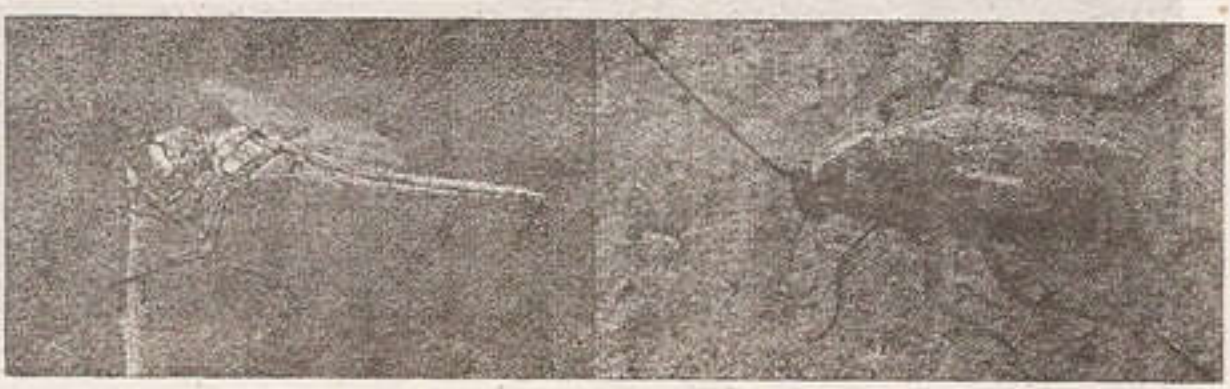
Las formas diferentes de locomoción en el grupo animal más grande que existe se ha desarrollado a través de los años como forma de no sobrepoblar los nichos ecológicos de los distintos medioambientes y así desplazarse con facilidad para la obtención de nutrientes.

Para desplazarse, los crustáceos usan apéndices que están adaptados según el medio; por ejemplo en el agua utilizan apéndices articulados que generalmente son planos en su extremo para favorecer el nado; por esta forma reciben el nombre de filopodios. Estas estructuras en forma de pala son útiles en la locomoción. El movimiento mediante estos apéndices se denomina metacrónico.

Los insectos presentan un exoesqueleto quitinoso que les confiere el soporte necesario para la inserción de los músculos y así ambos formar el sistema locomotor.

Los mecanismos de locomoción de los insectos podríamos resumirlos en dos:

- **Locomoción pedestre.** Presentan seis apéndices laterales adaptados para la locomoción en medios sólidos.
- **Locomoción en el aire (vuelo).** Los escarabajos presentan un solo par de alas y otro modificado a manera de un escudo dorsal denominado élitros. En los dípteros, las alas posteriores están modificadas en órganos del equilibrio denominados halterios o balancines; estos actúan como un enorme giroscopio y la mayoría de insectos alados presentan desarrollados dos pares de alas, como las mariposas y las libélulas.



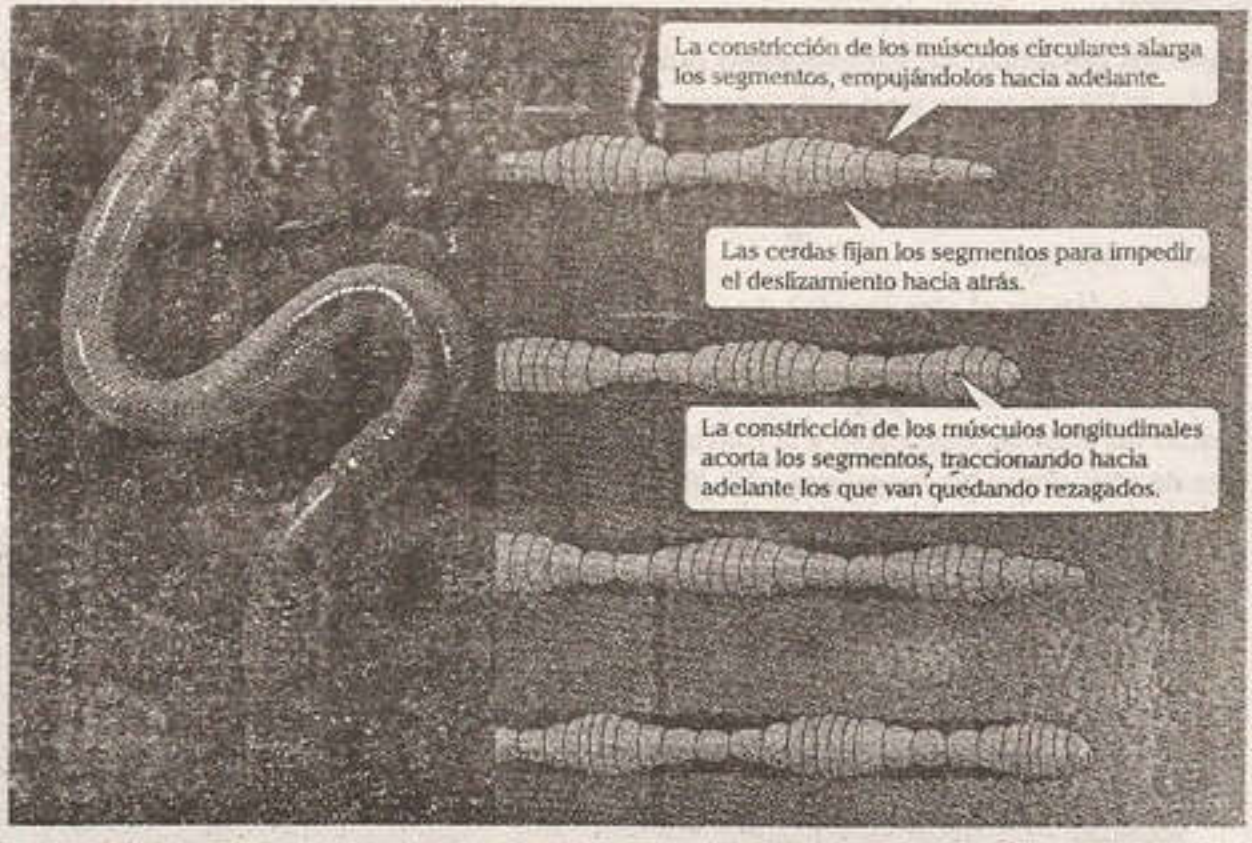
Las alas crecen hacia fuera del cuerpo y son parte del exoesqueleto. Se localizan dorsoventralmente en medio del noto (parte dorsal) y la pleura (parte lateral). Durante su desarrollo se forman con apariencia de sacos y al final del proceso adquieren una apariencia aplastada. Las venas presentes contribuyen a la rigidez. En todos los grupos de insectos, las alas solo se encuentran en el estado adulto.

La metamerización del celoma permite un nuevo tipo de movimiento, el movimiento peristáltico. La adquisición de este medio de locomoción permitió a los primeros anélidos colonizar un medio al que otros organismos vermiformes no tenían acceso: sedimentos ricos en materia orgánica. Este movimiento hace intervenir al esqueleto hidrostático y las quetas.

La contracción de los músculos circulares de un segmento provoca su elongación y la retracción de las quetas y así avanzan la extremidad anterior del segmento. Después, los músculos longitudinales se contraen. Esta acción va acompañada de la extensión de las cerdas que se anclan en el sustrato y el segmento se acorta tirando hacia delante el extremo posterior del segmento. Esta acción se propaga de delante hacia atrás lo que permite avanzar.

Los parapodios de los poliquetos errantes les permiten marchar rápidamente en la superficie de los sedimentos y desplazarse en los túneles. Las ondulaciones del cuerpo permiten igualmente servirse de los parapodios como si fuesen unos remos y así nadan. Las quetas juegan un papel importante en la locomoción y permiten al animal anclarse para ejercer un apoyo.

Las ventosas de los hirudíneos les permiten reptar sobre sustratos duros. Las sanguijuelas pueden también nadar haciendo ondular su cuerpo aplastado.



2.5. EQUINODERMOS

La locomoción en los equinodermos se realiza gracias a la acción de las espinas y los pies ambulacrales. Los pies actúan como órganos fijadores y locomotores, pero las espinas tienen como función principal levantar la zona oral del sustrato.

El erizo común que habita la zona en el intermareal excava agujeros en las rocas gracias a su aparato masticador para formar cavidades en las que permanecerá el animal; cuando son pequeños, pueden salir para alimentarse, pero al crecer, la salida de la cavidad puede resultar pequeña para el erizo. Se cree que esto es una adaptación para vivir en zonas expuestas al oleaje.

En las estrellas de mar, el esquema general del sistema ambulacral corresponde a las generalidades de los equinodermos. Los pies ambulacrales se disponen en dos o cuatro filas paralelas transversalmente al brazo, y los del extremo tienen función sensorial con el objeto de reconocer el sustrato sobre el que se desplaza la estrella.

Los lirios de mar son equinodermos sésiles, es decir, carentes de locomoción.

3▸ Sistema locomotor en los animales vertebrados

Sistema esquelético

El tejido óseo forma la mayor parte del esqueleto (el armazón que soporta el cuerpo, protege los órganos y permite nuestros movimientos). El sistema óseo es un tejido dinámico, continuamente en fase de remodelación, está formado principalmente por sales de calcio, siendo la más abundante la hidroxiapatita. Constituye el componente pasivo del sistema locomotor.

Las funciones básicas de los huesos y el esqueleto son soporte, protección, movimiento, homeostasis mineral, producción de células sanguíneas y almacenamiento de grasas de reserva.

El esqueleto de los vertebrados está formado por:

- El **esqueleto axial**, que son los huesos situados a la línea media o eje, y ellos soportan el peso del cuerpo, como la columna vertebral por ejemplo.
- El **esqueleto apendicular**, que son el resto de los huesos pertenecientes a las partes anexas a la línea media (apéndices); concretamente, los pares de extremidades y sus respectivas cinturas.

Sistema muscular

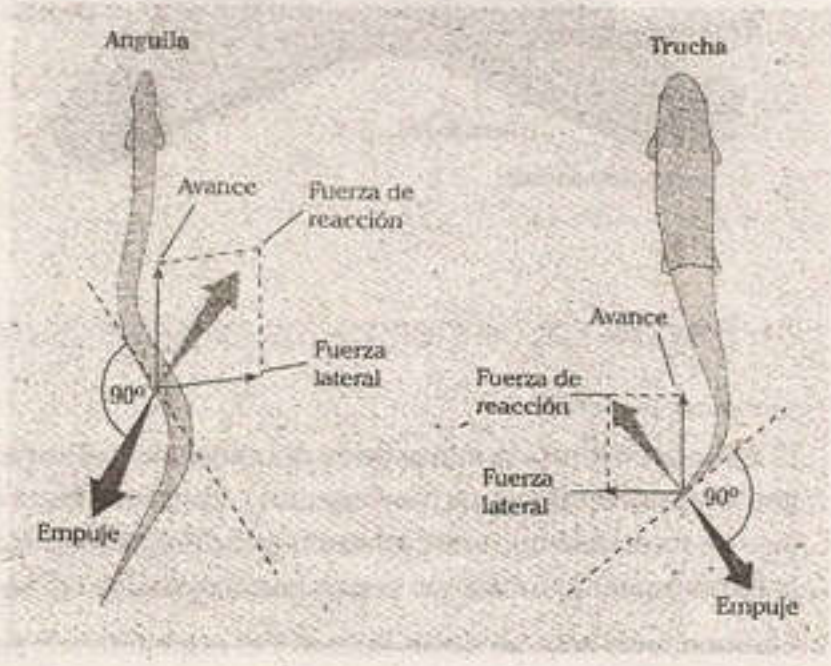
Constituye la parte activa del sistema locomotor, porque favorece el movimiento de los huesos durante las funciones de locomoción.

Los músculos son los motores del movimiento. Un músculo es un haz de fibras cuya propiedad más destacada es la contractilidad. Gracias a esta facultad, el paquete de fibras musculares se contrae cuando recibe la orden adecuada. Al contraerse, se acorta y se tira del hueso o de la estructura sujeta. Acabado el trabajo, recupera su posición de reposo. En los vertebrados, la variedad muscular permite disponer de miles de movimientos.

3.1. PECES

El sistema locomotor en los peces permite la acción de nadar como mecanismo de desplazamiento en el agua. Las adaptaciones morfológicas del sistema músculo-esquelético como un cráneo ahusado o agudo en su extremo anterior, un cuerpo plano dorso ventral en los condríctios y plano lateral en los osteíctios, la secreción de mucus en la superficie que disminuyen el coeficiente de rozamiento con el agua, la disposición de las escamas que disminuyen la turbulencia en la superficie corporal son los caracteres que en suma favorecen una eficaz locomoción o desplazamiento en el medio acuático.

El esqueleto axial de los peces está formado por el cráneo y la columna vertebral. El cráneo de los osteíctios está osificado, salvo en unos pocos grupos (esturiones) y consta de elementos dérmicos y cartilaginosos osificados (hueso endocondral).

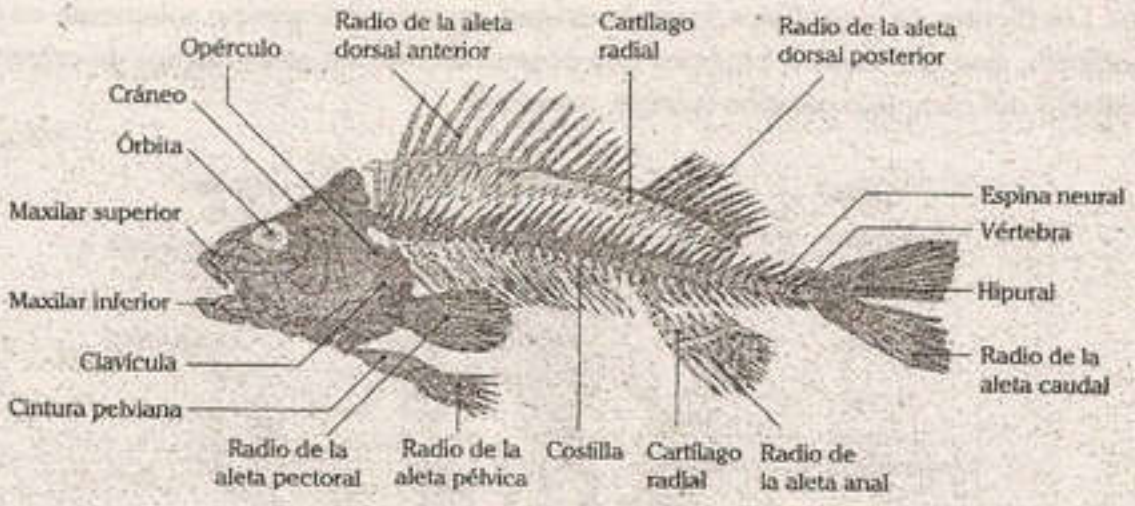


Las vértebras están osificadas y presentan un canal central muy pequeño por el que discurre la notocorda, presente también en los cojinetes situados entre las vértebras.

Las vértebras que encontramos en los condrictios se llaman anficélicas, y resultan útiles para la natación, confiriendo flexibilidad al esqueleto axial. La notocorda queda comunicada por el centro de cada vértebra; los cojinetes entre vértebra y vértebra no están aislados.

El esqueleto apendicular de los peces está constituido por las aletas, que son modificaciones de la piel reforzadas por finos radios dérmicos. En los tiburones estos radios se denominan ceratotriquidias, debido a que son finas varillas queratinizadas, y en los peces óseos se denominan lepidotriquidias, que por lo general son pequeños elementos osificados o condrificados.

ESQUELETO DE UN PEZ



La musculatura axial de los peces, como se observa en el esquema, proporciona la fuerza propulsora principal para la locomoción y es la forma de musculatura más abundante en el cuerpo animal.

Este sistema muscular especial genera potentes flexiones del cuerpo contra el agua y esto dirige al pez hacia delante.

La musculatura apendicular es poco desarrollada, a diferencia de la musculatura axial; pero sirve para la elevación o aducción de las aletas, así como el movimiento rotatorio de las aletas lateral para dirigir el nado.

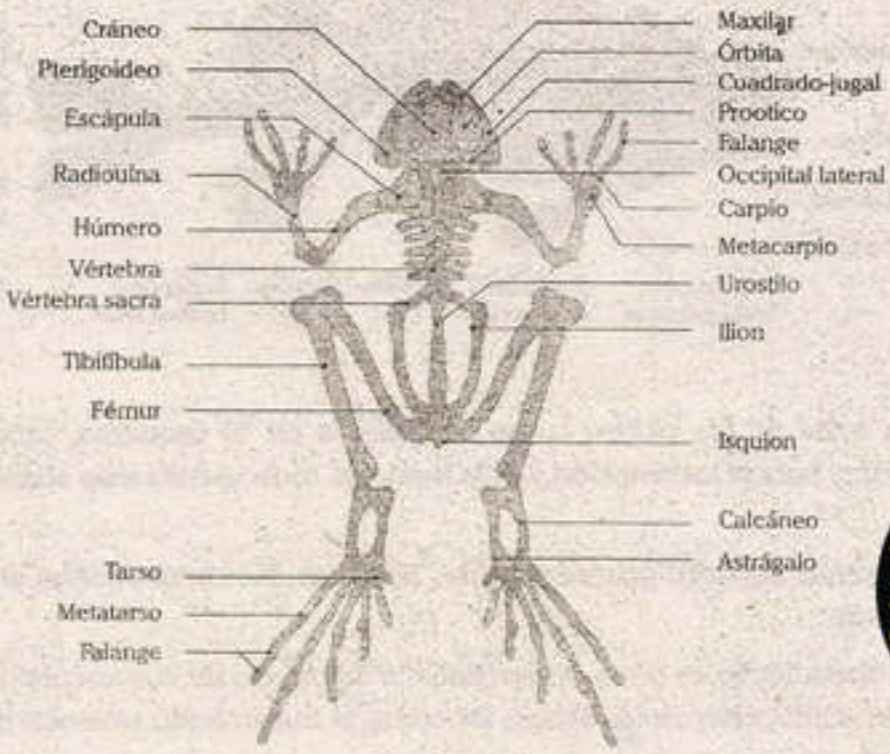
En varias familias de peces óseos ciertas regiones del tejido muscular han desarrollado la capacidad de producir campos eléctricos (órganos eléctricos). Estos campos eléctricos varían en intensidad y en función.

3.2. ANFIBIOS

La locomoción en los anfibios varía según las adaptaciones de los diversos grupos de anfibios, así tenemos el nado y salto en los anuros; en los urodelos, el nado a través del movimiento ondulante de la cola caudal y el movimiento coordinado de los miembros anteriores y posteriores o caminar en superficies de tierra, y el reptar de las cecilias que son anfibios sin patas o ápodos.

El cráneo de los anfibios se presenta como una estructura compacta, no obstante, en los anuros el cráneo presenta una notoria reducción, transformándose en un conjunto de "barras óseas", que dan a este complejo óseo un aspecto de "vacío". Sin embargo, en la mayoría de las especies se observa hueso, de origen dérmico, que cubre las barras óseas. El cráneo articula con la primera vértebra a través de dos cóndilos occipitales.

Los anfibios carecen de paladar secundario y el cielo de la boca está principalmente constituido por un hueso denominado parasfenoides. Las coanas se abren a la boca por delante de los huesos palatinos. Los dientes de los anfibios, cuando existen, pueden ubicarse no solamente en el maxilar y la mandíbula, sino que existen especies que poseen dientes en otros huesos de origen dérmico (premaxilar) y del complejo palatino (vómer, palatino).



La musculatura axial en los anfibios es simple, el mayor desarrollo es alcanzado por la musculatura apendicular porque tiene relevancia en la locomoción; la musculatura desarrollada en las extremidades y las cinturas escapular y pelviana permiten los diferentes tipos de movimiento que realizan los anfibios nadadores y los que se desplazan en la tierra al caminar como salamandras y tritones.

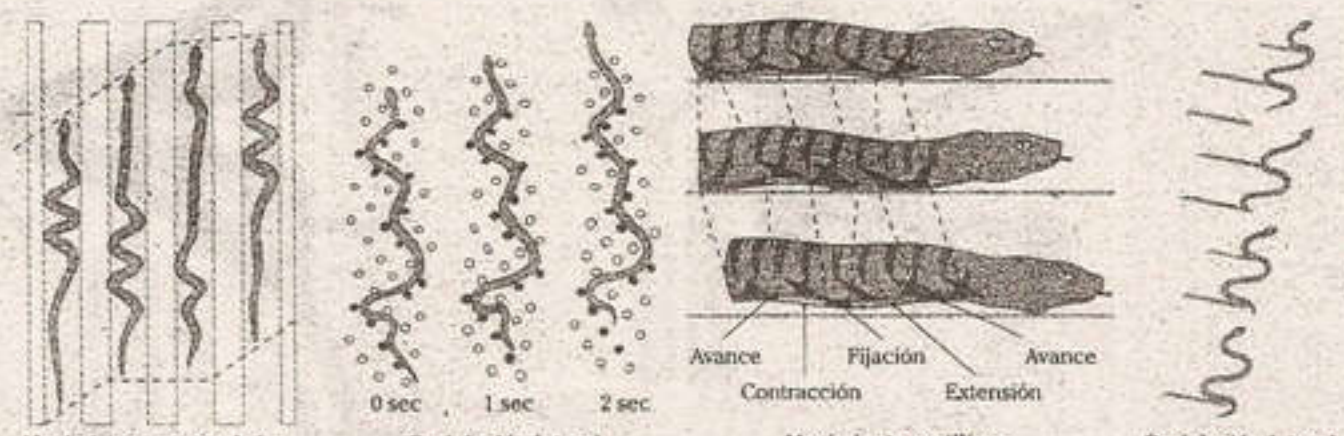
3.3. REPTILES

El cráneo de los reptiles se caracteriza por una tendencia al alivianamiento y aumento de la eficiencia predatoria mediante una mejor inserción de la musculatura mandibular.

La máxima expresión de esta tendencia es representada por los cráneos de condición diápsida (escamasos, cocodrilos y rincocéfalos). Puede haber hueso dérmico adicional cubriendo los elementos óseos del cráneo, como en los cocodrilos. La articulación de la mandíbula con el cráneo se realiza a través de la mandíbula con el hueso cuadrado del cráneo. En las serpientes, la articulación del cuadrado con el cráneo es muy móvil y permite que se forme un puente que separa a la mandíbula del cráneo y posibilita una apertura mucho mayor de la boca.

El caparazón óseo de las tortugas, constituido por hueso dérmico, consta de dos partes, el plastrón y el carapacho, unidas por dos puentes. El plastrón, de posición ventral, consta de cuatro pares de elementos (entre ellos los rudimentos de las clavículas - epiplastrones) y un elemento impar, correspondiente a la interclavícula (entoplastrón).

La cintura escapular de los reptiles consta de escápula, coracoides, procoracoides, clavícula e interclavícula. La cintura pélvica se compone con tres pares de huesos: ileones, isquiones y pubis. Esta cintura se articula con las dos vértebras sacras y el miembro posterior. El esqueleto de los miembros de los reptiles está constituido de manera similar al de los anfibios. En las tortugas marinas, los miembros se transforman en aletas, como adaptación a la locomoción nadadora.



Movimiento en acordeón — Ondulación lateral — Movimiento rectilíneo — Ondulación lateral

Como refuerzo de las paredes de la cavidad abdominal, para así soportar el peso del paquete visceral, los reptiles presentan estructuras óseas y cartilaginosas como las costillas abdominales (gastralia) de los cocodrilos y las barras cartilaginosas (*parasternum*) de algunos lagartos.

Una característica sorprendente de las serpientes es su capacidad para desplazarse rápidamente sin tener patas. Utilizan cuatro tipos diferentes de locomoción; la más habitual es el movimiento ondulante, llamado método *serpentino*, en el que la serpiente empuja contra el suelo la parte trasera de cada curva u ondulación y se desplaza suavemente hacia delante con movimientos fluidos.

3.4. AVES

Durante su evolución, los huesos craneales han sufrido una gran fusión secundaria. Esto cumple la función de obtener el máximo de fuerza en una estructura que ha reducido mucho su volumen para aligerar el peso. Los huesos en general son delgados, huecos y llenos de aire (neumáticos). Las mandíbulas, que en otros grupos son pesadas, se han reemplazado por un pico córneo (ranfoteca), sin dientes y muy liviano. El libre movimiento de las mandíbulas compensa la ausencia de miembros anteriores que en otros vertebrados intervienen en la captura y manejo de los alimentos. Muchos de los huesos del esqueleto son huecos, presentan cavidades llenas de aire, por lo que son una continuación de los sacos aéreos internos. Esta adaptación de los huesos en forma de tubo proporciona mayor resistencia (un tubo es más resistente que una varilla del mismo material y peso), por lo que estas cavidades en los huesos son una forma muy exitosa para reducir peso, pero sin reducir la resistencia.

Como consecuencia de la fusión de casi todas las vértebras torácicas y lumbares, los músculos dorsales son menos necesarios, reduciendo su tamaño. El vuelo, como medio principal de locomoción, requiere, sin embargo, un gran desarrollo de los músculos ventrales. Entre las aves que han perdido secundariamente la capacidad de vuelo, por ejemplo pavos y gallinas aún conservan los músculos pectorales, pero debido al poco ejercicio que llevan a cabo son tiernos y suaves.

Lumbreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

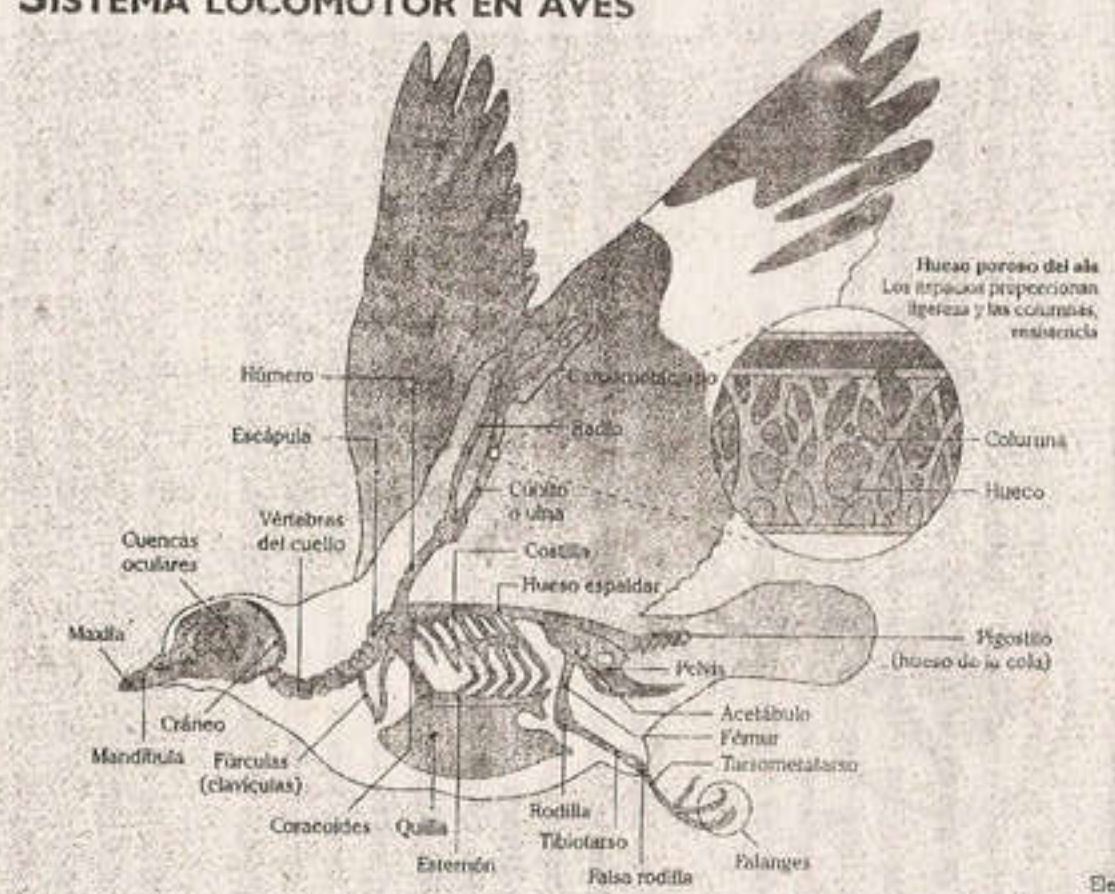
Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

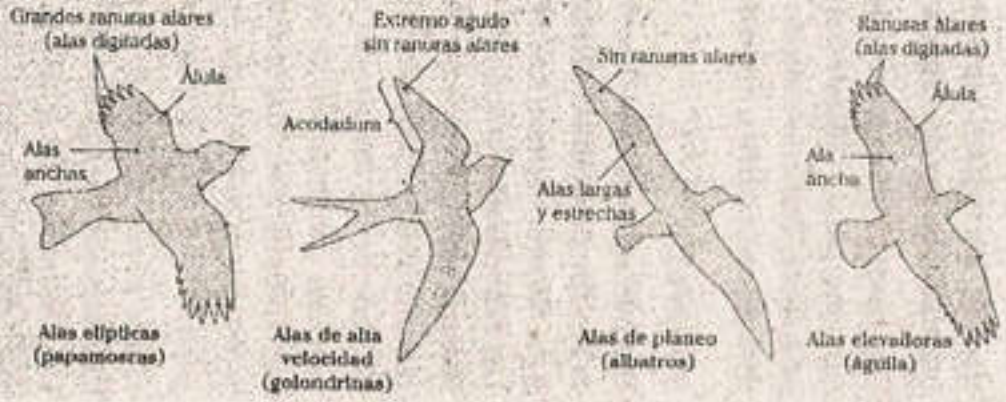
No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

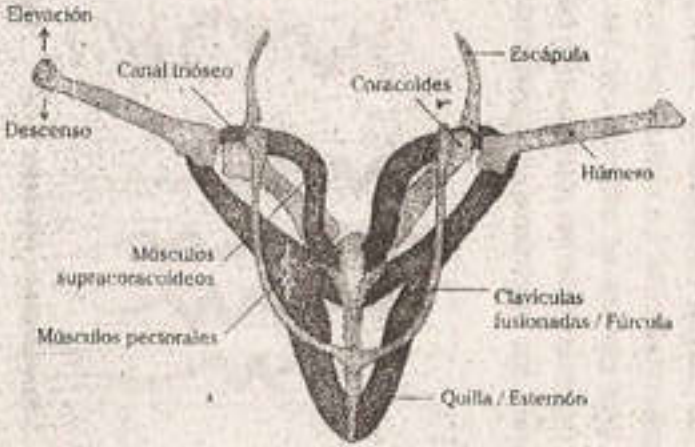
Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

SISTEMA LOCOMOTOR EN AVES

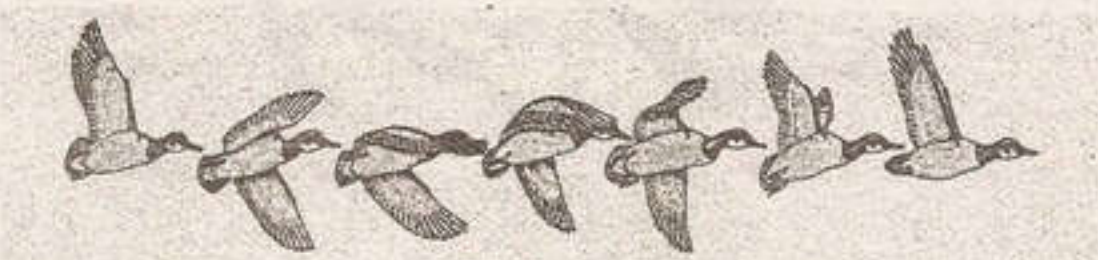






El vuelo precisa un gran almacén metabólico, y las fuerzas ejercidas por los músculos alares son igualmente importantes. En estos animales se encuentran las adaptaciones para aumentar las tasas metabólicas que precisan para el mantenimiento, reducir las despensas metabólicas inútiles (reducción de pesos), aumentar la eficacia del sistema cardiovascular (para mantener un metabolismo elevado) y solidificar el esqueleto.

Para resistir a las fuerzas que se ponen en juego durante el vuelo, la columna vertebral se refuerza mediante la fusión de varias vértebras, particularmente en la cola y a nivel de la cintura pélvica. La caja torácica debe ser igualmente reforzada para evitar ser aplastada por los músculos alares. Las costillas se fusionan y el esternón se hipertrofia para mantener un punto sólido de anclaje para los músculos alares.



La cintura pelviana está igualmente fusionada para solidificar los puntos de anclaje de los músculos de la cola. El vuelo requiere una muy buena visión y una buena coordinación; las zonas del cerebro responsables de estas funciones están especialmente desarrolladas.

3.5. MAMÍFEROS

La tendencia morfológica en los mamíferos ha sido la simplificación esquelética respecto a los reptiles. En los mamíferos, varios huesos del cráneo se perdieron o redujeron de tamaño y se simplificaron estructuras de extremidades y cinturas, reduciendo el peso.

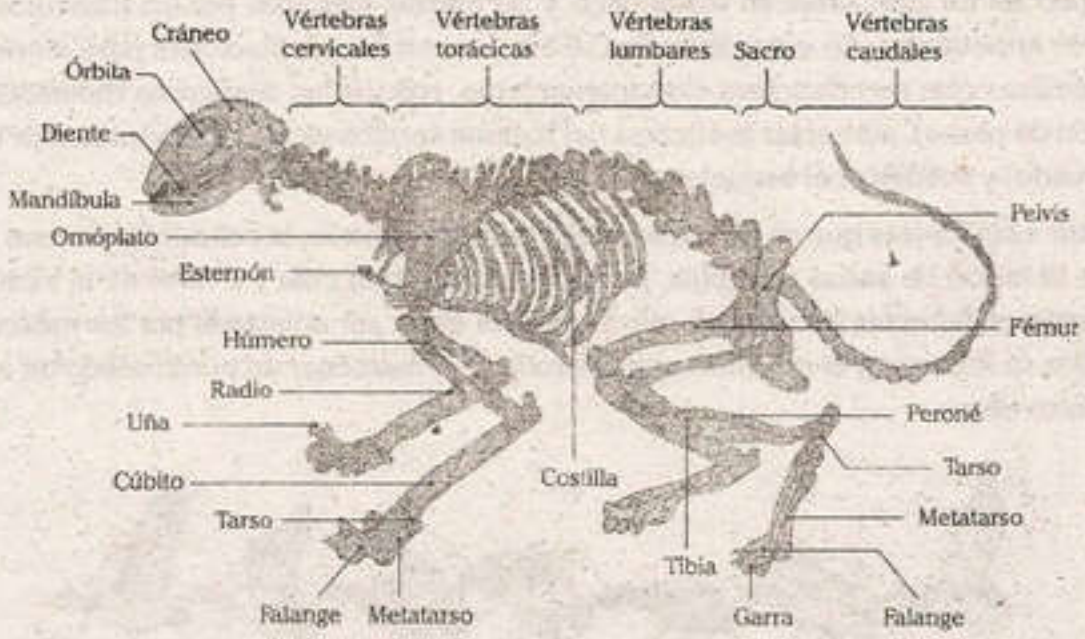
El cráneo es sinápsido, es decir, tiene una única ventana temporal, limitada inferiormente por una barra (arco zigomático) formada por los huesos escamoso, yugal y maxilar. En la mandíbula de los mamíferos, la articulación cuadrado-articular de los reptiles es sustituida por la articulación dentario-escamosa.

La cintura pélvica consta de tres huesos: ilion, isquion y pubis. En monotremas y marsupiales, los huesos epipúbicos se extienden hacia delante a partir del pubis en ambos sexos.

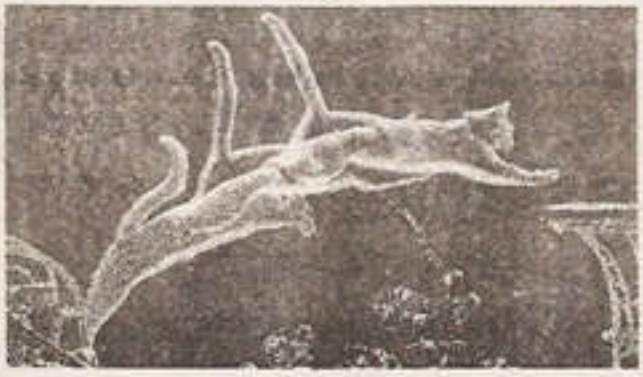
Otros caracteres son la simplificación esquelética del cráneo y de la mandíbula inferior (un solo hueso llamado dentario) con dientes muy especializados, la presencia de un paladar secundario, la aparición de los cóndilos occipitales para la articulación del cráneo con la columna vertebral, la cadena de huesecillos del oído, que permiten la transmisión del sonido, la aparición de un diafragma muscular para separar la cavidad torácica de la abdominal, extremidades torácicas y, por último, el revestimiento de pelos que presenta toda la superficie del cuerpo.

El diafragma permite el aumento del volumen de aire para la respiración y separa el tórax del abdomen. Cuando se relaja se arquea hacia delante y cuando se contrae se desplaza hacia atrás, aumentando el volumen de la cavidad torácica.

Universitarios Editores



Los músculos faciales permiten movimientos esenciales de la boca, cejas, orejas y permiten las expresiones. Además permiten la succión y también intervienen en la comunicación. Los principales músculos de la masticación son el temporal, el masetero y los pterigoideos.



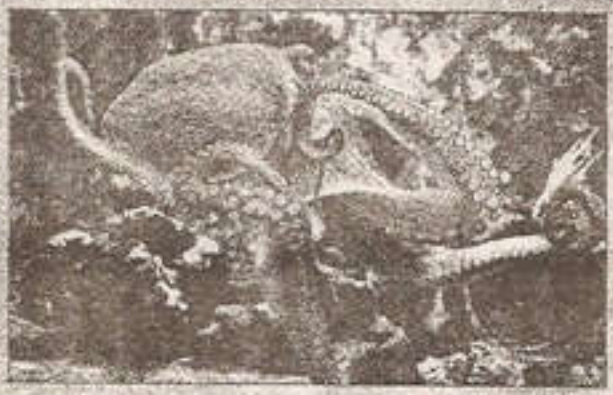
La musculatura subcutánea muchas veces forma como una funda que cubre casi todo el cuerpo y permite la movilidad de la piel. Se encuentra especialmente asociada a los pelos, la cual cumple las funciones de termorregulación, defensa (en especies con púas o corazas) y de comunicación social.

Referencias bibliográficas

- BURGGREN, W. y K. FRENCH. *Eckert Fisiología Animal: mecanismos y adaptaciones*. Cuarta edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 1998.
- HICKMAN, Cleveland; ROBERTS, Larry; LARSON, Allan; I'ANSON, Helen y David EISENHOUR. *Principios integrales de zoología*. Decimotercera edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- JESSOP, Nancy. *Zoología: invertebrados*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 1990.
- KARDONG, KV. *Vertebrados. Anatomía comparada, función, evolución*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 1999.

Científicos de la Universidad de California descubren un mecanismo que permite a los pulpos moverse por el fondo del mar utilizando dos de sus extremidades para caminar

Como cualquiera ha podido observar en un acuario, los pulpos disponen de un medio de locomoción rápido y eficaz, que consiste en impulsarse por el agua utilizando sus ocho patas como propulsores. Pero ahora se ha descubierto que también disponen de otro mecanismo para moverse por el fondo del mar, utilizando dos de sus extremidades para caminar, según han desvelado científicos de la Universidad de California, en Berkeley, en un trabajo publicado hace unos días en la revista *Science*.



La autopropulsión suele ser un mecanismo de huida suficientemente eficaz ante la mayor parte de los depredadores de los pulpos, pero estos animales disponen de otras armas. Por ejemplo, son capaces de adaptar el color de su piel al del ambiente en el que se encuentran y adoptar todo tipo de formas, camuflándose perfectamente para pasar inadvertidos. El problema es que no pueden utilizar ambos mecanismos al mismo tiempo. Si deciden salir huyendo impulsándose a través del agua no consiguen controlar su color, y su forma debe adoptar una figura aerodinámica y estilizada. Por eso, cuando se encuentran asentados sobre el lecho marino y aparece un depredador, utilizan la segunda estrategia, pero además se van retirando lentamente en dirección contraria al enemigo, sin cambiar su camuflaje. Y para ello utilizan dos de sus ocho extremidades, caminando de forma bípeda, algo que no se ha observado nunca en ningún otro animal que se desplace por el fondo del mar.

El fenómeno fue observado por primera vez en el año 2000 en las aguas de una isla de Indonesia, cuando Crissy Huffard, bióloga de la Universidad de California, acompañaba como asesora a un equipo de grabación que estaba filmando la actividad de los pulpos. La sorpresa la llevó a buscar una explicación al fenómeno y contactó con Robert Full, experto en locomoción animal, del Programa Fronteras en Investigación Biológica de la *National Science Foundation*. Full asegura que sofisticados movimientos de muchos animales no son controlados por el sistema nervioso central sino por el sistema reflejo o por nervios locales. En el caso de los pulpos bípedos, existen grupos de células nerviosas en cada brazo del animal que controlan este sistema de movimiento paso a paso, que califica de sofisticado.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

En los animales superiores, el sistema locomotor presenta una parte activa formada principalmente por

A) cilios.
B) flagelos.
C) músculos.
D) tendones.
E) huesos.

Resolución

El sistema locomotor está formado por dos componentes: la parte pasiva, que son los huesos, y la parte activa, que está representada por los músculos.

Clave C

Pregunta 2

Los nematodos se caracterizan por presentar un esqueleto clasificado como

A) dermatoesqueleto.
B) endoesqueleto.
C) hidroesqueleto.
D) exoesqueleto.
E) superesqueleto.

Resolución

Los nematodos tienen hidroesqueleto o esqueleto hidráulico, el cual cuenta con la presencia de músculos circulares en su pared corporal, que al contraerse disminuyen el grosor del cuerpo aumentando la presión interna del líquido pseudocelómico, lo que le da cierta rigidez al animal.

Clave C

Pregunta 3

Los invertebrados carentes de locomoción en la fase adulta que presentan un sistema de sostén formado por espículas y se movilizan en la etapa larvaria por cilios son

A) los erizos de mar.
B) las esponjas de mar.
C) los dólares de mar.
D) los pepinos de mar.
E) las estrellas de mar.

Resolución

Los poríferos o esponjas de mar son animales que en la etapa adulta son sésiles, pero presentan un protoesqueleto formado por espículas, que de acuerdo a su composición química se les clasifica a las esponjas.

Clave B

Pregunta 4

Una forma de locomoción en el medio acuático es la hidropropulsión, que es característico en

A) las planarias.
B) el pulpo.
C) el caracol.
D) el erizo de mar.
E) la anémona de mar.

Resolución

La hidropropulsión se produce cuando los animales dejan pasar agua a cavidades internas y ante una contracción repentina de los músculos que revisten esta cavidad, el agua sale en una dirección, lo que favorece una locomoción rápida.

Clave D

Lumbreras Editores

Pregunta 5

Los escarabajos presentan un solo par de alas y otro modificado a manera de un escudo dorsal denominado

A) halterios.
B) élitros.
C) alas.
D) hemialas.
E) balancines.

Resolución
Los élitros son alas modificadas en estructuras duras, que sirven de protección a las alas verdaderas, como por ejemplo en los escarabajos.

Clave: B

Pregunta 6

Los poliquetos errantes pueden marchar rápidamente sobre la superficie de los sedimentos y desplazarse en los túneles, gracias a unas estructuras locomotoras conocidas como

A) notopodios.
B) parapodios.
C) escleritos.
D) patas.
E) cirros.

Resolución
Los parapodios son modificaciones del tegumento y pared corporal interna que se proyectan hacia el exterior y son útiles para la locomoción.

Clave: B

Pregunta 7

El cráneo de los osteíctios está osificado, salvo en unos pocos grupos, como por ejemplo en el

A) salmón.
B) atún.
C) jurel.
D) esturión.
E) pez espada.

Resolución
El cráneo que está formado por placas cartilaginosas, como las de los tiburonones, se presenta en el esturión, y recibe el nombre de condrocráneo.

Clave: D

Pregunta 8

Las vértebras que se encuentran en los condrictios se denominan

A) procélicas.
B) anficélicas.
C) opistocélicas.
D) ortocélicas.
E) heterocélicas.

Resolución
Las vértebras que poseen los condrictios se denominan anficélicas, y resultan útiles para la natación, confiriendo flexibilidad al esqueleto axial.

Clave: B

Pregunta 9

La lámina muscular formada por fibrillas o miómeros se denomina

A) miocomata.
B) músculo.
C) mioglobina.
D) miómero.
E) miótomo.

Resolución
En la organización de los músculos de los peces se presenta un conjunto de fibras musculares o miómeros que reciben el nombre de miocomata.

Clave: A

Lumbreras Editores

Pregunta 10

Los quirópteros como los murciélagos se caracterizan por tener las alas con modificaciones de una parte del esqueleto apendicular, lo que en los humanos correspondería

A) al brazo.
B) al pie.
C) a la cintura escapular.
D) al esternón.
E) a la mano.

Resolución

En los quirópteros, la mano ha sufrido un proceso de adaptación para favorecer el vuelo en este grupo de animales.

Clave E

Pregunta 11

El mecanismo de locomoción que utilizan los calamares para poder desplazarse en el agua es

A) por reptación.
B) por deslizamiento.
C) por flotación pasiva.
D) por propulsión a chorro.
E) por natación activa.

Resolución

La propulsión a chorro es típica de pulpos y calamares. Cuando nadan por reacción expulsan agua violentamente a través del embudo o sifón, eso les permite desplazarse rápidamente de un lugar a otro.

Clave D

Pregunta 12

En las lombrices de tierra la metamerizacion del celoma ha permitido un nuevo tipo de movimiento denominado

A) reptación.
B) plasmático.
C) vibrátil.
D) peristáltico.
E) palanca.

Resolución

En los anélidos la metamerización del celoma ha permitido el desarrollo del movimiento peristáltico. La adquisición de este medio de locomoción permitió a los primeros anélidos colonizar un medio al que otros organismos vermiformes no tenían acceso: sedimentos ricos en materia orgánica.

Clave D

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. En los animales superiores, el sistema locomotor presenta un parte pasiva formada principalmente por

A) cilios.
B) flagelos.
C) músculos.
D) huesos.
E) cartílagos.

2. Los invertebrados que tienen hidroesqueleto son

A) los insectos.
B) las arañas.
C) los cangrejos.
D) las medusas.
E) los mixines.

3. Los invertebrados que cuentan con un endoesqueleto, motivo por el cual son considerados un grupo muy emparentado con los cordados, se denominan

A) cefalópodos.
B) equinodermos.
C) artrópodos.
D) anélidos.
E) urocordados.

4. Los animales que presentan un exoesqueleto que les permite resistir condiciones muy adversas son los

A) cefalópodos.
B) equinodermos.
C) artrópodos.
D) anélidos.
E) espongiarios.

5. La presencia de células mioepiteliales, como parte activa de la locomoción, se da en grupos de invertebrados conocidos como

A) poríferos y platelmintos.
B) cnidarios y nematelmintos.
C) moluscos y artrópodos.
D) equinodermos y hemicordados.
E) celentéreos y anélidos.

6. Los invertebrados que usan las glándulas de Bisso para secretar unos filamentos que se adhieren al sustrato son

A) los caracoles marinos.
B) los caracoles de huerta.
C) los calamares.
D) los chitones.
E) las almejas.

7. En los dípteros, las alas posteriores están modificadas en órganos del equilibrio y se denominan

A) élitros.
B) alas.
C) microalas.
D) halterios.
E) pseudoalas.

8. En los anélidos, la metamerización del celoma permite un nuevo tipo de movimiento denominado

A) circular.
B) torbellino.
C) reptante.
D) peristáltico.
E) deslizante.

Lumbreras Editores

9. La locomoción en los ..... se realiza gracias a la acción de las espinas y los pies ambulacrales.

A) platelmintos
B) cnidarios
C) moluscos
D) equinodermos
E) celentéreos

10. La presencia del hueso cuadrado a nivel del cráneo se encuentra en

A) los sapos.
B) las ranas.
C) los tiburones.
D) las serpientes.
E) los felinos.

11. Los huesos neumáticos son muy característicos en

A) peces.
B) anfibios.
C) reptiles.
D) aves.
E) mamíferos.

12. En los mamíferos nadadores como el delfín u otros cetáceos, las aletas son órganos locomotores modificados que en los humanos correspondería

A) al brazo.
B) al pie.
C) a la cintura escapular.
D) al esternón.
E) a la mano.

13. La locomoción en los anfibios varía según las adaptaciones de los diversos grupos de anfibios, así tenemos que el nado y salto son propios de

A) salamandras.
B) sapos.
C) cecilias.
D) ajolotes.
E) tritones.

14. Una característica sorprendente de las serpientes es su capacidad para desplazarse rápidamente sin tener patas. Utilizan cuatro tipos diferentes de locomoción; la más habitual es el movimiento ondulante, llamado método

A) serpentino.
B) rectilíneo.
C) golpe de costado.
D) acordeón.
E) peristáltico.

Cumbres Editores

Ricardo Max Paredes Quinteros

Capítulo XXIII

Reproducción y desarrollo animal

Objetivos

- Diferenciar la reproducción sexual y asexual de los animales.
- Conocer la estructura y fisiología del sistema reproductor de los animales.
- Analizar las adaptaciones de la reproducción de los principales *filo* animales.

Introducción

La función de reproducción permite la perpetuación de las especies en el tiempo. Los nuevos individuos, semejantes a sus progenitores, son producto de complejos mecanismos genéticos que garantizan la conservación de los caracteres fenotípicos y genotípicos de la especie.

En realidad, la reproducción evita que las especies desaparezcan, ya que la vida de los individuos es finita, o al menos la mayoría de los seres vivos son "mortales". El envejecimiento y la muerte aparecieron con los seres pluricelulares. Los animales, por la complejidad de la organización corporal, nacen, crecen, envejecen y mueren por causas naturales, si no han sido depredados antes. Las dos posibilidades con las que cuentan los seres vivos para perpetuarse son la reproducción asexual y la sexual.

En la reproducción asexual tan solo interviene un individuo, del que por diferentes vías se originan nuevos seres idénticos al progenitor. Es un proceso rápido, por ejemplo, en el caso de algunas esponjas e hidras se pueden formar nuevos individuos, todos idénticos entre sí e idénticos a su progenitor. La reproducción asexual es considerada como una forma primitiva y utilizada por animales muy sencillos.

En la reproducción sexual todo es más complejo y costoso por la inversión energética que hace cada especie. Se requieren dos progenitores y unas células que son producto de la meiosis y la recombinación génica denominados los gametos, que se formarán tan solo cuando el individuo madure sexualmente. Para que de dos progenitores surjan muchos descendientes, en ocasiones han de transcurrir largos periodos de tiempo y estos no resultan idénticos a sus progenitores, ni son iguales entre sí. La reproducción sexual garantiza en la progenie una variabilidad fenotípica y genotípica que será cribada por la selección natural.

1. Definición

La reproducción es la capacidad que tienen los seres vivos de generar nuevos individuos de su especie.

2. Importancia

La reproducción garantiza la perpetuación de la especie en la ecosfera y, por lo tanto, la conservación de la biodiversidad.

La investigación de los mecanismos de reproducción animal tiene mucha importancia tanto a nivel teórico como práctico.

La zootecnia aplica los conocimientos para multiplicar animales para consumo humano. Así tenemos: la piscicultura (crianza de peces), la cunicultura (crianza de cuyes y conejos), la avicultura (crianza de aves), la puericultura (crianza de cerdos), la ovinotecnia (crianza de ganado lanar) y la bovinotecnia (crianza de ganado vacuno).

twitter.com/calapenshko

3. Tipos de reproducción

El proceso evolutivo ha dado origen a una gran diversidad de estrategias de reproducción; por ello, distinguir tipos de esta es muy difícil. Sin embargo, tomando en consideración principalmente la participación de gametos y la fecundación, podemos plantear dos formas generales de reproducción: asexual y sexual.

	REPRODUCCIÓN ASEXUAL	REPRODUCCIÓN SEXUAL
Progenitores	un progenitor	dos progenitores
Gametos	no participan	sí participan
Fecundación	sin fecundación	con fecundación
Parto	sin parto	con parto
Descendencia	sin variabilidad genética	con variabilidad genética
Ventaja	velocidad	descendencia variable
Desventaja	descendencia sin variabilidad	lenta

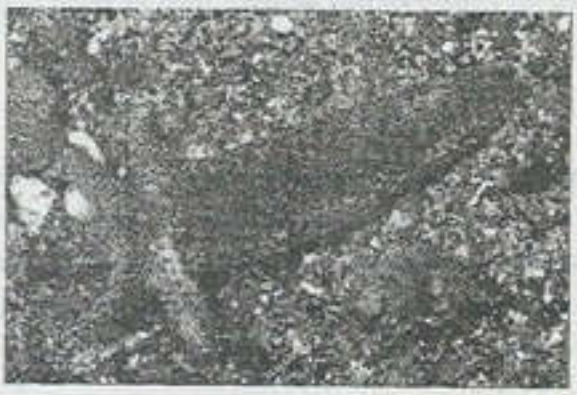
3.1. Reproducción asexual

En este proceso participa un progenitor, no participan gametos y además no hay fecundación .Tiene la ventaja de generar muchos individuos de forma rápida, asimismo la desventaja de producir descendencia idéntica al progenitor, que por carecer de variabilidad genética incrementa la posibilidad de extinción. También se le llama clonación natural. Lo realizan animales que presentan células poco diferenciadas como esponjas, planarias, lombrices de tierra y estrellas de mar.

Es la formación de protuberancias o "yemas" del progenitor, que se transforman en nuevos individuos que desarrollan la forma del progenitor. Los individuos formados pueden permanecer unidos al cuerpo del progenitor constituyendo una colonia, o separarse y tener una vida independiente. Esta forma de reproducción se da especialmente en las esponjas de mar y los celentéreos, como las hidras y los corales.

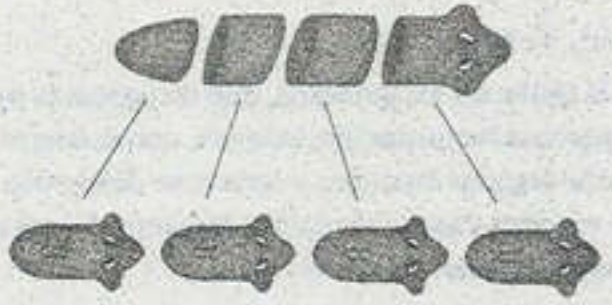
Es cuando el individuo se divide en dos o más partes y cada una generará, por el fenómeno llamado regeneración, las partes que faltan hasta completar un nuevo individuo completo.

La presentan muchos invertebrados, por ejemplo, cnidarios (anémona de mar), platelmintos (planarias), anélidos (lombriz de tierra) y equinodermos (estrella de mar).



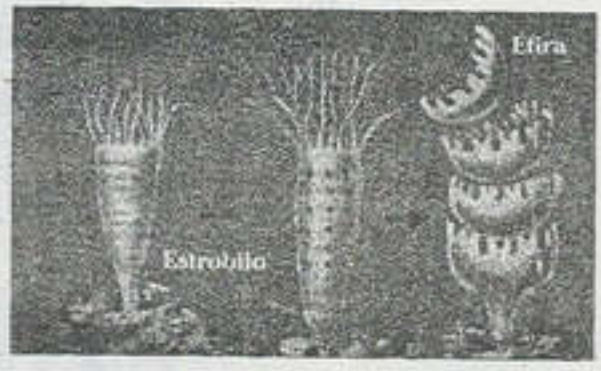
Un brazo de estrella de mar regenerando una nueva estrella.

FRAGMENTACIÓN Y REGENERACIÓN DE UNA PLANARIA



Una planaria dividida en cuatro fragmentos, cada uno de los cuales genera una nueva planaria.

Es un proceso de reproducción exclusivo de la fase pólipo del ciclo biológico de los escifozoos (malaguas). Consiste en la fragmentación múltiple del progenitor en muchos segmentos denominados **estróbilos**, dispuestos uno sobre otros, cada uno de los cuales se desprenden y transforman en un individuo independiente.



Estrobilación de un pólipo.

La reproducción asexual más común en las esponjas de agua dulce es por gemulación. Esta consiste en formar unas estructuras resistentes llamadas **gémulas**. En la formación de gémulas, las células llamadas **arqueocitos** se rodean de **espongocitos** que producen a su alrededor una cubierta a base de fibras de espongina a la que posteriormente se incorporan espículas, dando como resultado un duro cascarón. Al llegar el invierno la esponja madre muere y las gémulas sobreviven hasta llegar la primavera, cuando a través de un orificio (llamado micrópilo) emergen las células originando una nueva esponja.

3.2. REPRODUCCIÓN SEXUAL

En este proceso realizado por todos los animales, generalmente participan dos progenitores (monoicos o dioicos) que tienen gónadas (órganos formadores de gametos), hay fecundación, desarrollo embrionario, parto (ovíparo, ovovivíparo o vivíparo); asimismo, algunas especies que nacen inmaduras, como las larvas, para llegar al estadio adulto tienen que experimentar metamorfosis. La reproducción sexual tiene la ventaja de generar individuos con variabilidad genética y la desventaja de ser un proceso lento.

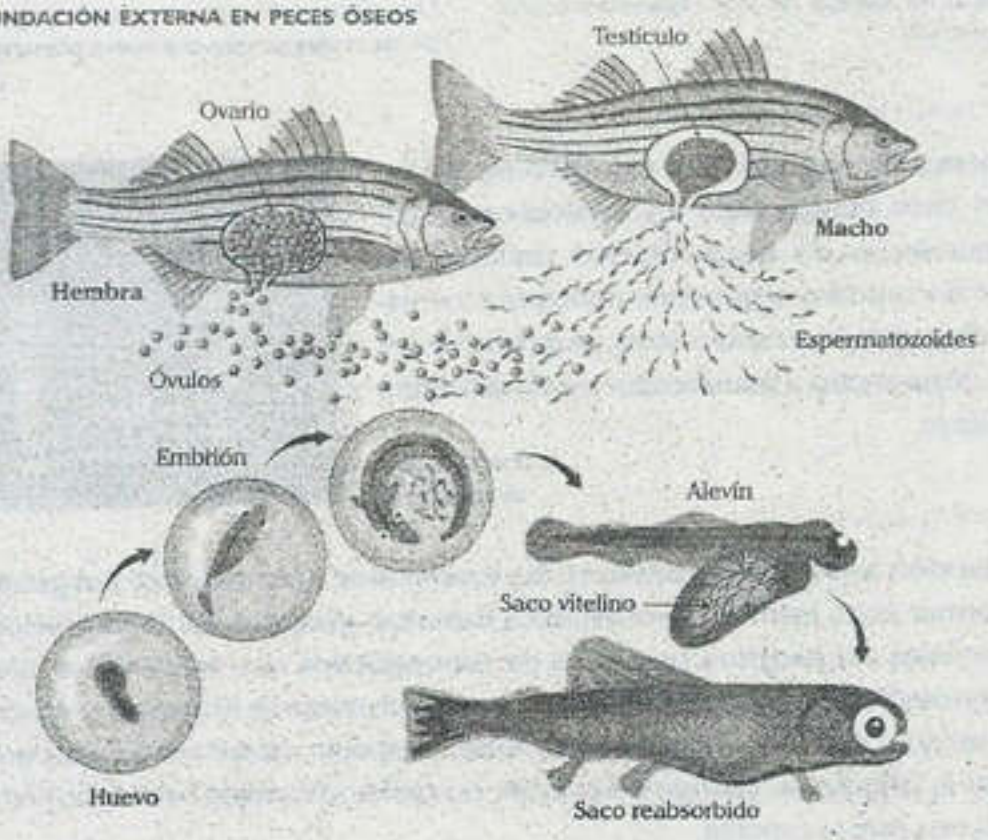
En animales **monoicos** o hermafroditas el individuo posee generalmente ambas gónadas (testículos y ovarios), como en las planarias y lombrices de tierra. En animales **dioicos** el sexo está separado en dos individuos diferentes, es decir, las hembras con ovarios y los machos con testículos.

Cuando no hay diferencias marcadas entre machos y hembras se denomina **isomorfismo sexual**, como es el caso de las malaguas y equinodermos. Si la diferencia corporal es muy marcada en el animal, como es el caso del gallo y la gallina, se le llama **dimorfismo sexual**, que es muy acentuado en la mayoría de los animales.

3.2.1. Fecundación

Es la unión de los gametos, que da paso a la formación del cigote. Si se da fuera del organismo se denomina **fecundación externa**, como ocurre en muchos animales acuáticos, y si se realiza dentro de órganos sexuales internos se denomina **fecundación interna**. Para la fecundación interna, en muchos casos, el macho requiere de órganos copuladores que depositen los gametos en la cavidad sexual femenina.

FECUNDACIÓN EXTERNA EN PECES ÓSEOS



3.2.2. Nacimiento

Después de la fecundación, los **animales ovíparos** (la mayoría de peces, anfibios, reptiles, aves y los mamíferos monotremas) paren inmediatamente los huevos, de manera que el desarrollo del animal se realiza fuera del cuerpo de la madre.

Los **animales ovovivíparos** (algunos tiburones y serpientes) los retienen en sus órganos sexuales pero no se establece conexión entre la madre y las crías (que se están desarrollando dentro de los huevos), finalizado su desarrollo las crías son expulsadas del cuerpo de la madre.

En los **animales vivíparos aplacentarios** (canguros, koalas) las crías se desarrollan hasta el estadio fetal en el que son expulsadas, completando su desarrollo en el marsupio.

Finalmente, en los **vivíparos placentarios** (mamíferos euterios) las crías completan su desarrollo en el útero materno, porque se conectan a la madre mediante la placenta que les provee los nutrientes.

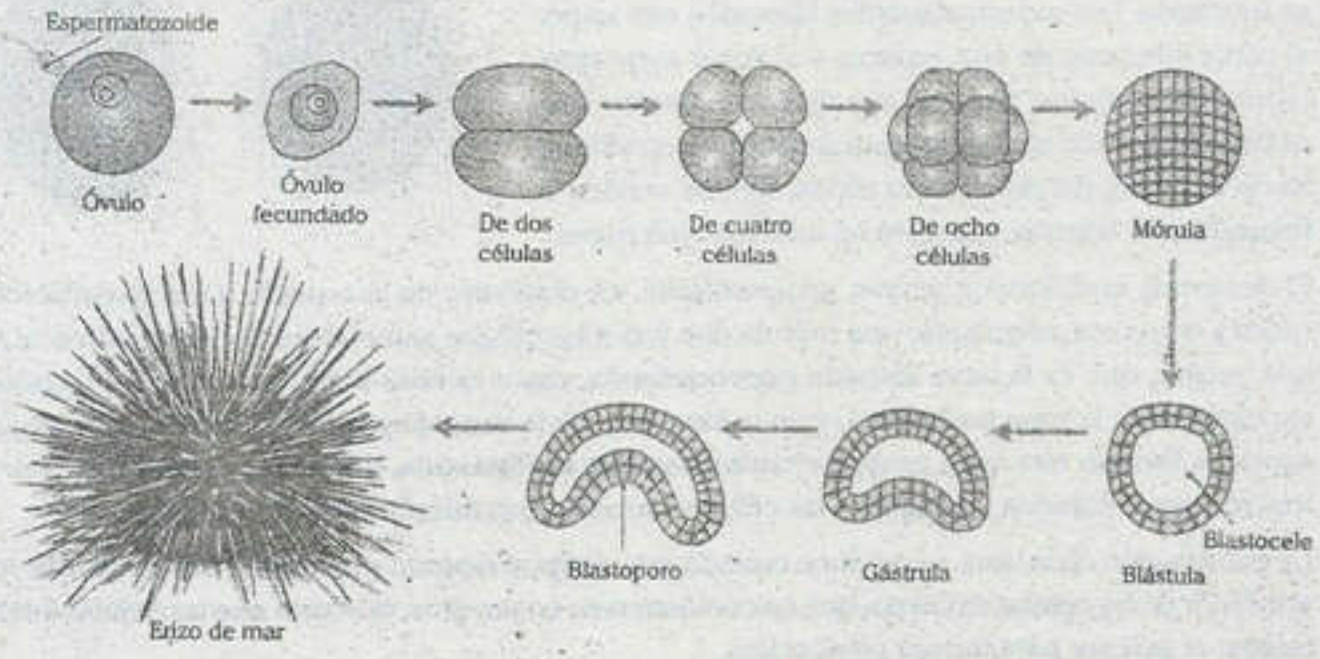
3.2.3. Desarrollo embrionario

Luego de la fecundación, el huevo o cigote experimenta **segmentación**, un proceso de división celular que origina un aglomerado de células llamado mórula.

Luego se da la **blastulación**, debido a la hidratación de la mórula se genera una cavidad llena de líquido llamada blastocele, estadio llamado blástula.

Seguidamente acontece la **gastrulación**. La blástula da paso a la gástrula, en la que se genera el intestino primitivo (arquenterón). En los **animales diploblásticos** (celentéreos y ctenóforos) encontramos dos capas germinales: el ectodermo y endodermo; mientras que en los **triploblásticos** hay tres capas germinales: ectodermo, mesodermo y endodermo, a partir de las cuales se originan diversos tejidos y órganos, proceso conocido como "diferenciación".

DESARROLLO EMBRIONARIO DEL ERIZO DE MAR



Hoja embrionaria	Origina los tejidos y órganos
Ectodermo	Tejido nervioso, epitelio sensorial de la oreja, nariz y ojos, epidermis (capa externa de la piel), uñas y pelo, glándulas mamarias, glándulas sudoríparas, ameloblastos del esmalte dental, hipófisis.
Mesodermo	Tejido muscular, tejidos subcutáneos de la piel, conjuntivos; óseo, adiposo, cartilaginoso y propiamente dicho, bazo, corteza de las glándulas suprarrenales.
Endodermo	Epitelio del tubo digestivo, epitelio del tracto respiratorio, vejiga urinaria, parénquima de la tiroides, parénquima de la paratiroides, hígado, páncreas, conducto auditivo.

El desarrollo de los animales puede ser directo o indirecto. Se le llama **desarrollo directo** cuando el animal que nace es como el adulto pero en miniatura y **desarrollo indirecto** cuando se da la metamorfosis, un conjunto de cambios morfológicos y fisiológicos que experimentan las larvas (estadios inmaduros) para llegar a adulto. Estos cambios están controlados y coordinados por hormonas.

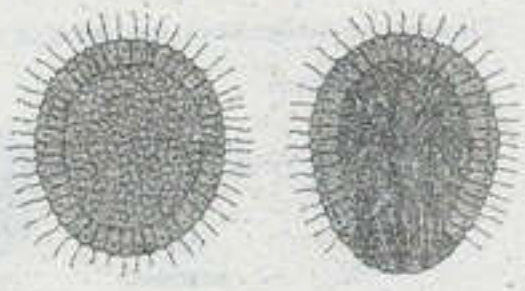
4. REPRODUCCIÓN SEXUAL Y DESARROLLO EN LOS FILA ANIMALES

4.1. PORÍFEROS

La mayoría de esponjas son "hermafroditas insuficientes", la liberación de óvulos y espermatozoides no ocurre a la vez. Los espermatozoides se originan a partir de coanocitos, mientras que los óvulos se forman a partir de arqueocitos o coanocitos.

Los espermatozoides se liberan al exterior por medio de la corriente exhalante que sale del ósculo. Los óvulos no se liberan, sino que permanecen en el lugar donde se formaron. Los espermatozoides liberados entran por el canal inhalante de otra esponja y al llegar son capturados y fagocitados, pero no son digeridos por un coanocito, que pierde su flagelo y lo transporta en su interior hacia el óvulo, donde una vez alcanzado, se verifica la **fecundación interna**, algo raro en animales inferiores.

LARVAS PARENQUIMULAS

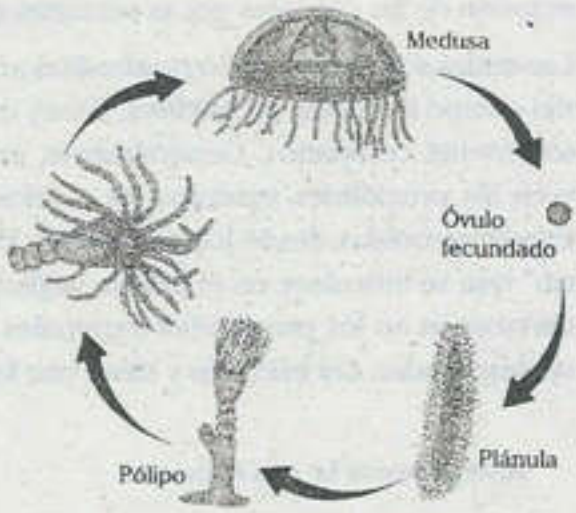


El desarrollo embrionario ocurre, generalmente, en el interior de la esponja. La segmentación es radial y completa, originando una mórula con todas las células semejantes; luego se forma la blástula ovoide, que es la larva llamada **parenquímula**, cuyas células externas son todas flageladas, excepto las de la zona posterior. Luego la larva sale de la esponja por un canal exhalante. Algunas esponjas forman otra larva posteriormente, llamada **anfiblástula**, donde las células mayores (los macrómeros) carecen de flagelo y las células menores (los micrómeros) son flagelados.

La gastrulación de la larva se produce cuando esta se fija al sustrato y consiste en el desplazamiento al interior de las células externas, que se convierten en coanocitos, mientras que las células internas migran al exterior para formar pinacocitos.

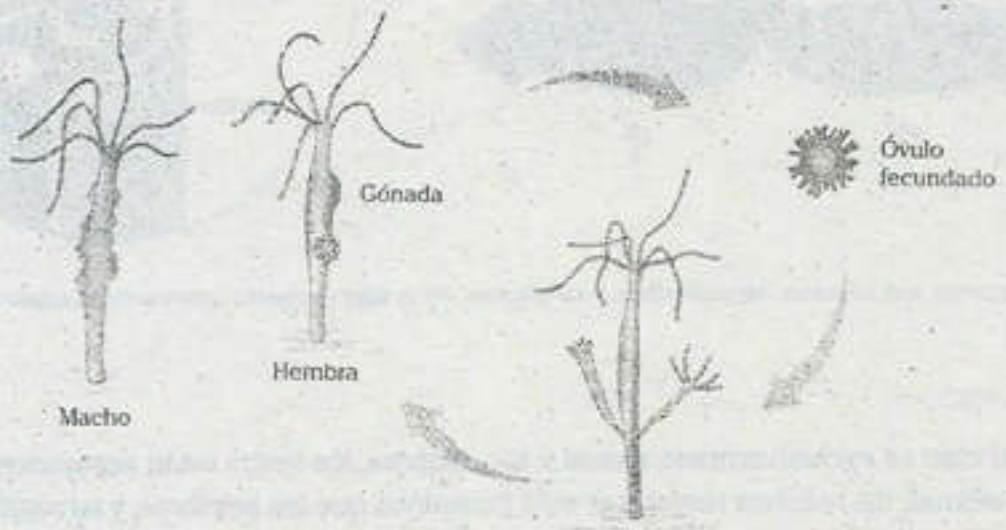
Las malaguas medusas son organismos diploides (2n), representan la generación sexual y son dioicas (presentan sexos separados). Luego de la meiosis tanto machos como hembras liberan sus gametos al agua de mar, los machos liberan sus espermatozoides (n), mientras que las hembras liberan sus óvulos (n), los gametos salen al exterior por la boca. La **fecundación es externa**, se produce en el agua de mar generando un cigoto diploide (2n). El cigoto da paso a una larva ciliada llamada **plánula**, que nada libremente durante un tiempo hasta que se fija al fondo, transformándose en un pólipo (2n) llamado **escifistoma**.

METAGENESIS DE MALAGUA



Las hidras (hidrozoos) generalmente son dioicas con fecundación interna o externa, sus gónadas son epidérmicas; mientras que las anémonas de mar son dioicas con fecundación externa.

CICLO DE VIDA DE LAS HIDRAS

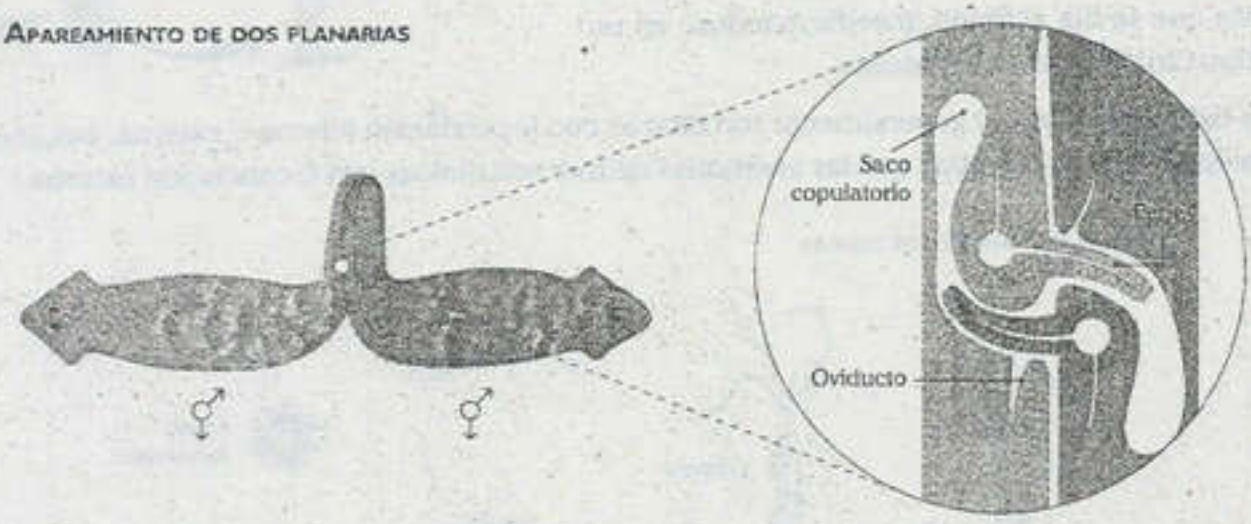


Las planarias (turbelarios) son animales hermafroditas insuficientes con fecundación interna y cruzada (recíproca). El aparato masculino consta de dos testículos, un espermiducto, una vesícula seminal donde se almacenan los espermatozoides durante un tiempo y un pene que puede estar armado de un estilete. El aparato femenino consta de dos ovarios, oviductos, un receptáculo seminal, una bolsa copuladora y un gonoporo.

En la **cópula** ambas planarias introducen el pene en el gonoporo de su pareja. En muchas se produce la inseminación hipodérmica, en la cual el estilete de su pene les permite inyectar el esperma en su pareja. Una vez en el interior, los espermatozoides migrarán y fecundarán a los óvulos en los oviductos.

Los pocos huevos encapsulados que se producen son de gran tamaño y poseen un pedúnculo. El desarrollo de los mismos es directo, esto significa que no existen larvas, estos gusanos nacen por eclosión de las cápsulas pocas semanas después de la ovoposición.

Las tenias son animales "hermafroditas autosuficientes", es decir, se autofecundan. Los segmentos del cuerpo llamados proglótides, llevan tanto el aparato reproductor masculino como el femenino totalmente completos. Generalmente, en los proglótides jóvenes son funcionales los testículos, y en los proglótides maduros los ovarios, de manera que en la autofecundación se transfieren espermatozoides desde los proglótides jóvenes hacia los proglótides maduros, por medio del "cirro" que se introduce en el orificio vaginal. Los huevos que se forman luego de la fecundación se almacenan en los proglótides terminales. Los proglótides terminales (grávidos) llenos de huevos se desprenden del estróbilo y salen con las heces del huésped.



Las planarias son animales hermafroditas insuficientes, en su apareamiento intercambian espermatozoides.

8.4. NEMATODOS

La reproducción es exclusivamente sexual y son **dioicos**, los sexos están separados. Presentan **dimorfismo sexual**, los machos suelen ser más pequeños que las hembras, y su región posterior del cuerpo tiene la forma de gancho. Las gónadas de los nematodos se caracterizan por ser tubulares. Los machos tienen testículos alargados y las hembras tienen los ovarios también alargados.

Durante la cópula el macho se enreda alrededor del poro genital de la hembra y usa sus **espículas copuladoras** para transferir sus espermatozoides. Después de la fecundación, el huevo se recubre de una cáscara. Una hembra grande puede poner 200 000 a 240 000 huevos en un solo día.

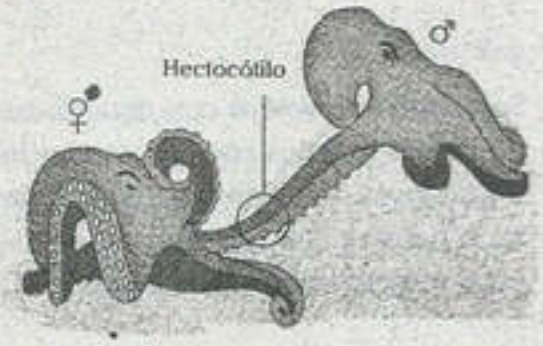
8.5. MOLUSCOS

Los caracoles (gasterópodos) generalmente son hermafroditas insuficientes, además protándricos, es decir, la gónada llamada ovotestes produce espermatozoides en los jóvenes, y óvulos en los adultos, algunos son protogínicos, o sea el ovotestes produce óvulos en los jóvenes y espermatozoides en los adultos, por ello es que no se pueden autofecundar.

Su sistema reproductor es muy complejo y exhiben muchas variaciones de una especie a otra. Antes de la cópula se estimulan mediante espículas que salen del saco del dardo, luego de lo cual realizan la cópula y la inseminación recíproca. Los espermatozoides son almacenados por cada caracol en una espermateca y, posteriormente, fecundarán sus ovocitos, es decir, la fecundación es interna. Luego ponen huevos, son ovíparos.

El estadio larvario principal de los gasterópodos es la **larva velígera**, ya que la trocófora (en la que se empieza a formar la concha) es muy efímera y muchas veces se pasa por el antes de la eclosión. En la larva velígera se forman el pie, los tentáculos y los ojos.

Los pulpos (cefalópodos) son dioicos con dimorfismo sexual. Los machos poseen un tentáculo modificado de función copuladora llamado **hectocótilo**. Es característica en ellos la formación de un **espermatóforo** (paquete de espermatozoides) que es colocado por el macho bajo el borde del manto de la hembra o directamente dentro del conducto genital de la hembra, con ayuda de su órgano copulador llamado hectocótilo. La fecundación es interna y el desarrollo es directo, no hay presencia de fase larvaria.



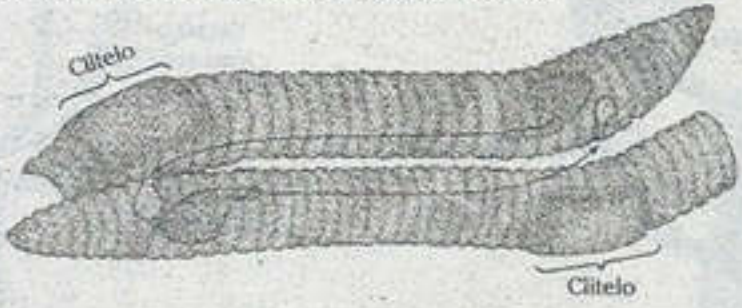
En los pulpos la fecundación es interna.

Las conchas de abanico (pelecípodos) son dioicos y generalmente tienen fecundación externa.

ANÉLIDOS

Las lombrices de tierra (oligoquetos) son **hermafroditas insuficientes**, no se pueden autofecundar, realizan la inseminación recíproca debido a que sus testículos y ovarios se encuentran en diferentes anillos corporales.

INSEMINACIÓN RECÍPROCA EN LA LOMBRIZ DE TIERRA



Estas lombrices carecen de órganos copuladores. Durante el apareamiento ambos gusanos hermafroditas se pegan por efecto de un moco secretado por un cinturón de tejido glandular llamado **clitelo**, el moco constituye un **tubo mucoso** que permite el desplazamiento de los gametos. Luego de formados los óvulos estos serán puestos y envueltos en capullos quitinosos secretados por el clitelo, ahí se da la fecundación externa.

Luego del apareamiento ambos individuos se separan y liberan capullos, llamados ootecas o "cocones", con óvulos fecundados que se desarrollarán en su interior hasta formar individuos jóvenes.

4.7. ARÁCNIDOS

En las arañas la reproducción es sexual, son dioicas, con marcado dimorfismo sexual, las hembras por lo general son grandes y los machos pequeños, presentan fecundación interna y son ovíparas.

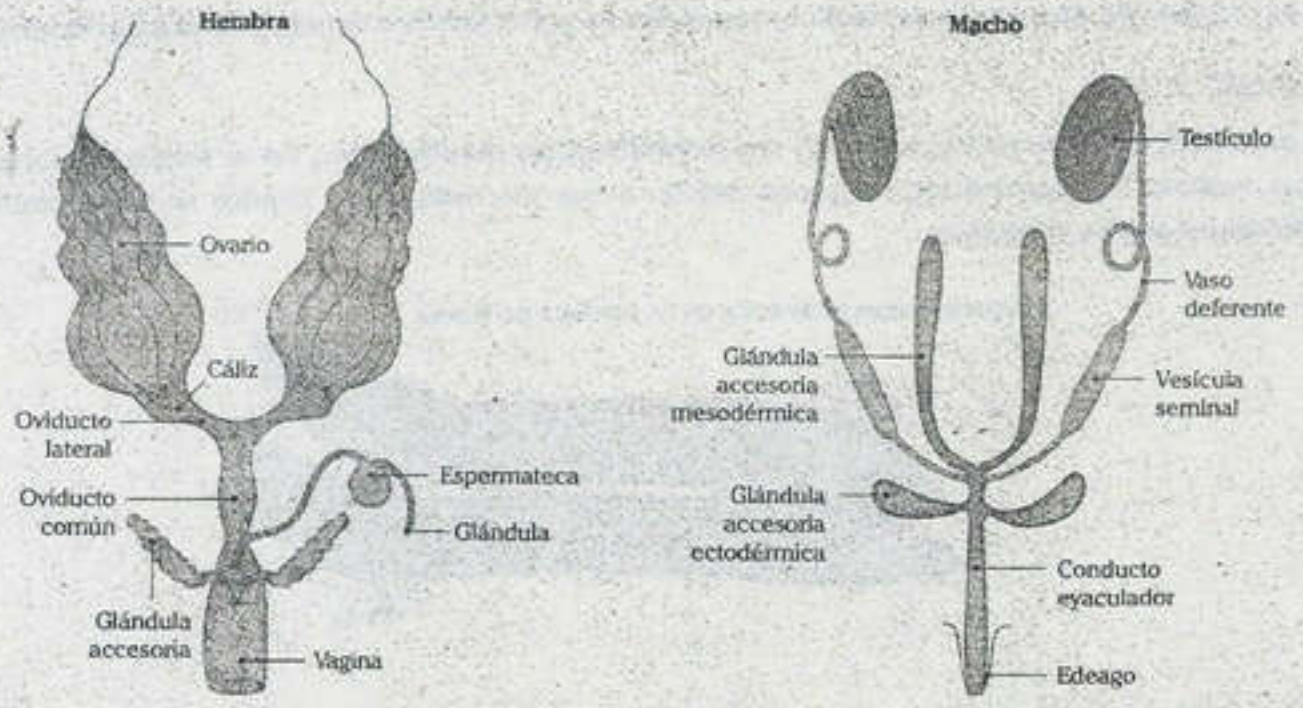
4.8. CRUSTÁCEOS

Son animales dioicos con dimorfismo sexual y fecundación interna. Los machos se caracterizan por tener una de las dos pinzas delanteras más grande que la otra, mientras que las hembras poseen las dos pinzas del mismo tamaño. Es característica la producción de **espermatozoides sin flagelos** y empaquetarlos en espermatóforos.

4.9. INSECTOS

Son animales dioicos con dimorfismo sexual y fecundación interna. En el apareamiento generalmente los machos copulan con las hembras mediante un pene llamado **edeago**, que penetra en el gonóporo de la hembra depositando el **espermatóforo** (masa de espermatozoides) en la vagina de la hembra. Las hembras pueden tener un órgano llamado **espermateca**, en el que almacenan los espermatozoides del macho.

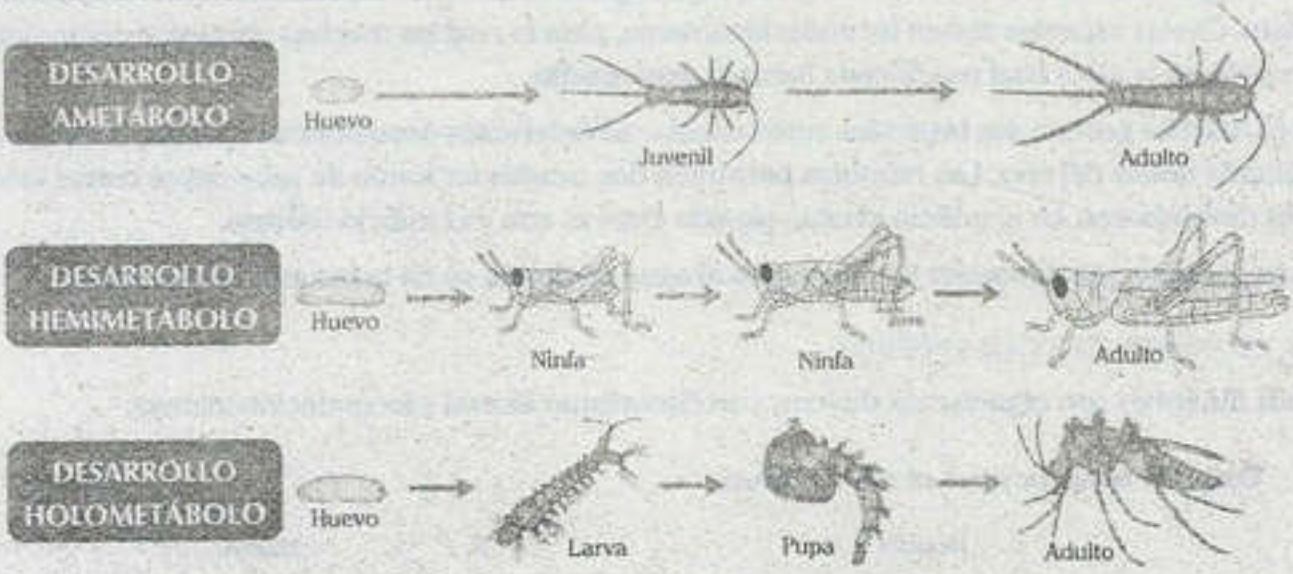
ANATOMÍA DEL SISTEMA REPRODUCTOR DE LOS INSECTOS



Los insectos son **cleidoicos**, sus huevos están adaptados a las duras condiciones terrestres, pues poseen una cubierta quitinosa que los protege de la desecación.

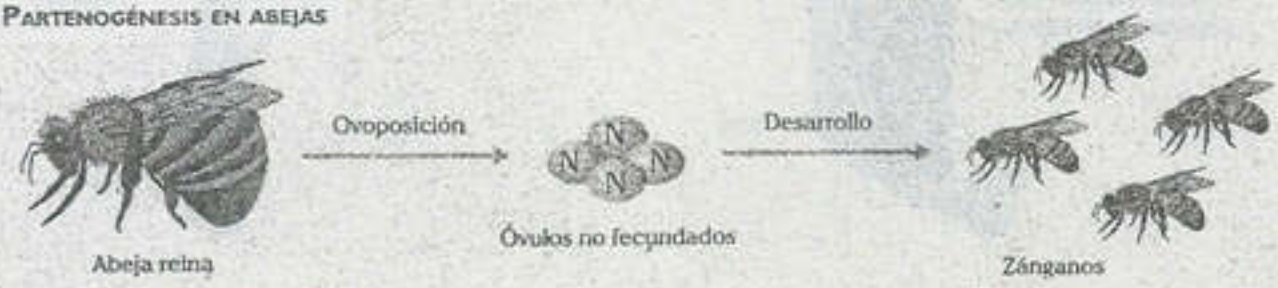
El desarrollo puede ser directo (sin metamorfosis), como ocurre en los insectos llamados pececillos plateados, donde los huevos dan origen directamente a la forma juvenil. En otros el desarrollo es indirecto (con metamorfosis).

TIPOS DE DESARROLLO EN INSECTOS



Existen tres tipos de metamorfosis: en la **metamorfosis gradual** (saltamontes) el huevo da origen a formas inmaduras llamadas ninfas, quienes experimentan muchas mudas periódicas mediante las cuales crecen y se transforman finalmente en adultos; en la **metamorfosis incompleta** (libélulas) el huevo da origen a un estadio de ninfa pero acuática, con branquias traqueales, la que se transformará en adulto terrestre; finalmente, en la **metamorfosis completa** (mariposas, escarabajos, moscas) el huevo da origen a la larva (gusano, oruga) que aumenta de tamaño, y pasa por un periodo de transición llamado pupa, para poder llegar al estadio adulto (llamado también imago). En las abejas, y otros insectos sociales, se encuentra una tipo de reproducción especial denominado **partenogénesis**, en el que a partir de óvulos no fecundados se forman zánganos.

PARTENOGÉNESIS EN ABEJAS



4.10. EQUINODERMOS

Los erizos de mar son animales dioicos, pero sin dimorfismo sexual. Sus cinco gónadas se ubican en la cara interna del dermatoesqueleto bajo las placas interambulacrales. Expulsan sus gametos al agua a través de sus gonoporos, situados en las placas genitales aborales. La fecundación es externa. Luego de la fecundación se forma la larva de simetría bilateral primaria llamada **larva plútea**. Después de un corto periodo larvario se da la metamorfosis y se transforma en un organismo adulto de simetría radial secundaria. Las estrellas de mar también son animales dioicos, sin dimorfismo sexual y de fecundación externa.

Lumbreras Editores

4.11. PECES ÓSEOS

Son organismos dioicos, con dimorfismo sexual, generalmente de fecundación externa y parto ovíparo. Ciertas especies tienen fecundación interna, para lo cual los machos presentan como órgano copulador la aleta anal modificada llamada **gonopodio**.

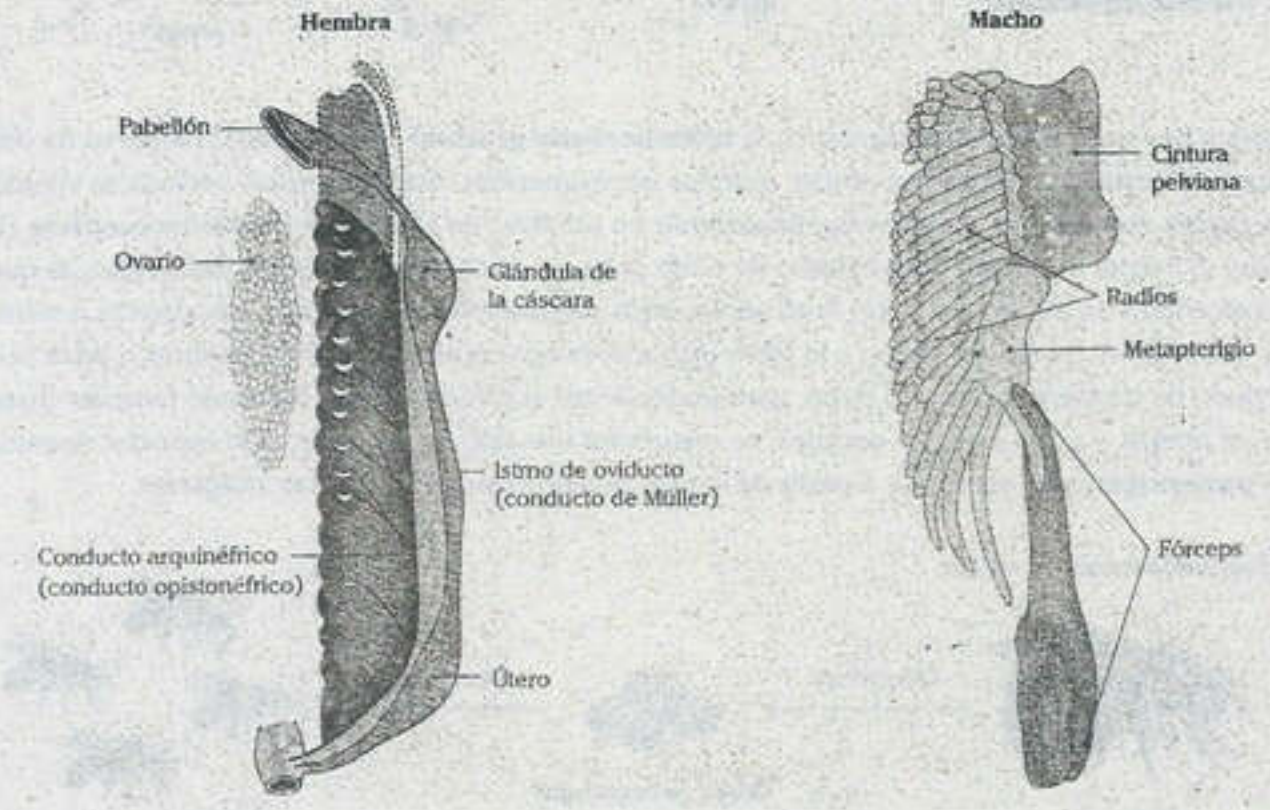
Los machos poseen dos testículos cuyos conductos deferentes desembocan en la papila urogenital, situada detrás del ano. Las hembras presentan dos ovarios en forma de saco cuyos cortos oviductos desembocan en el orificio genital, situado entre el ano y el orificio urinario.

Los gametos son generalmente liberados al agua en donde se da la fecundación externa.

4.12. PECES CARTILAGINOSOS

Los tiburones son organismos dioicos, con dimorfismo sexual y fecundación interna.

Órganos reproductores de los tiburones



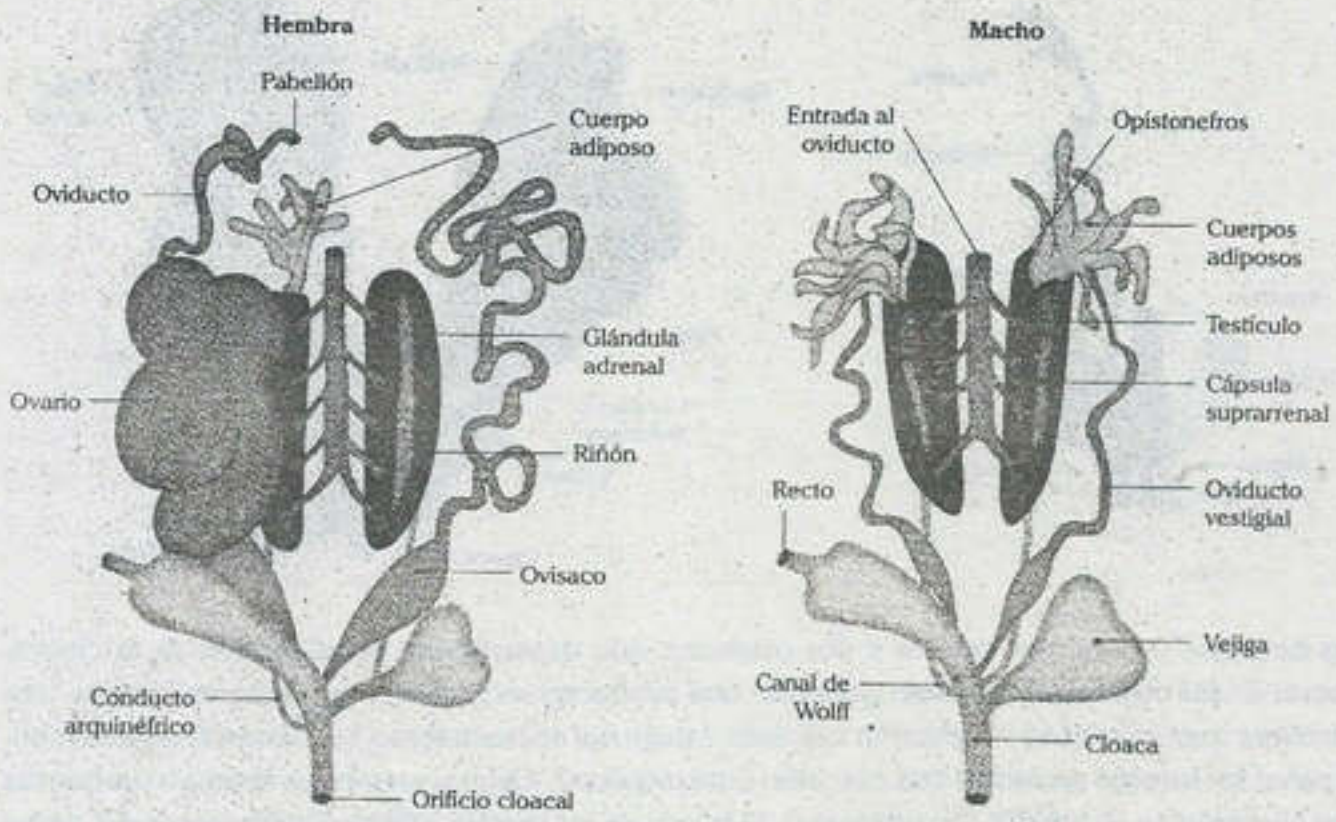
Los tiburones hembra poseen dos ovarios, pero solo uno llega a desarrollarse totalmente, el oviducto o conducto de Müller presenta cuatro zonas: el oviducto, la glándula de la cáscara, el istmo y el útero.

Los machos poseen dos testículos conectados al conducto de Wolff, mediante conductos deferentes, en donde por lo general se almacenan los espermatozoides. Asimismo, se caracterizan por presentar las aletas pélvicas modificadas denominadas **fórceps**, que funcionan como órganos copuladores, facilitan la transferencia de esperma a la cloaca de la hembra.

Luego de la fecundación interna se da el desarrollo embrionario y, finalmente, el parto que puede ser ovíparo (pintarrojas), ovovivíparo o vivíparo.

Los sapos son organismos dioicos, con dimorfismo sexual, fecundación externa y parto, generalmente, ovíparo. Los machos presentan dos testículos, con sus respectivos conductos deferentes que desembocan en los conductos mesonéfricos o conductos de Wolff (que transportan la orina y el esperma), los que llevan los espermatozoides hacia la cloaca. En los machos hay indicio de hermafroditismo, ya que además poseen dos ovarios atrofiados denominados **órganos de Bidder**. Las hembras poseen dos ovarios y dos oviductos largos que desembocan en la cloaca.

Sistema reproductor de anfibios



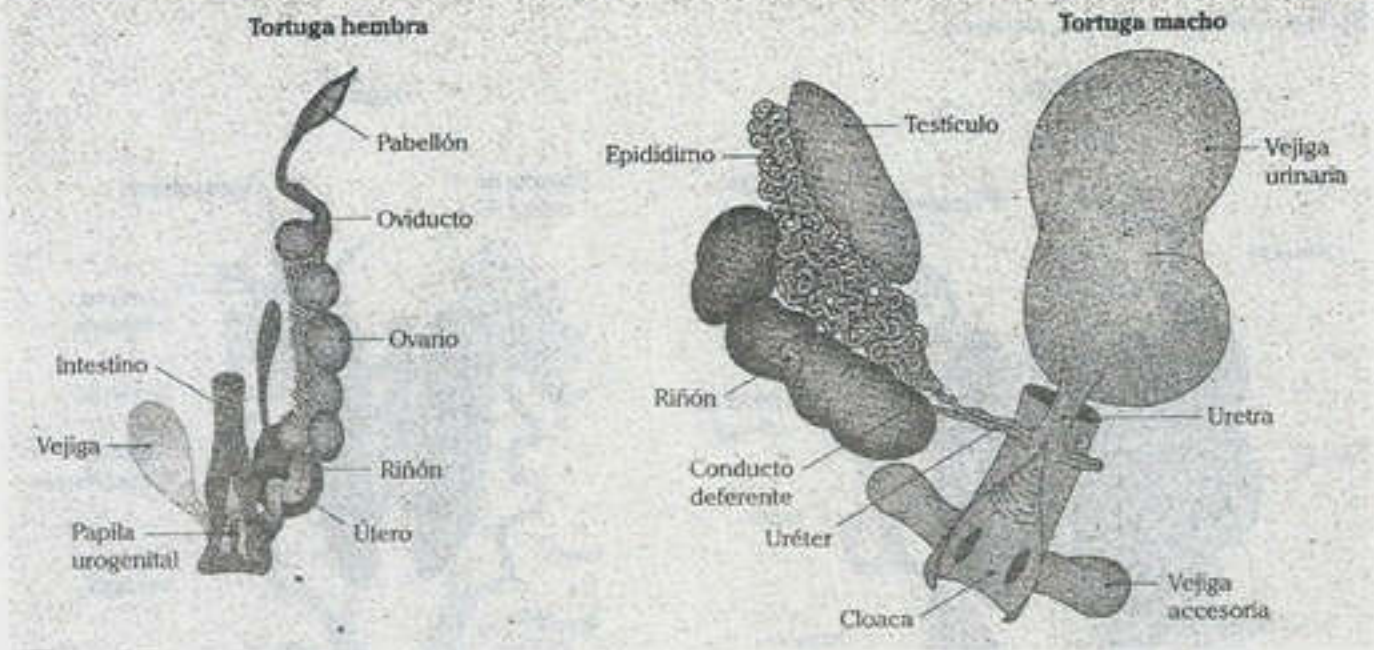
En la época reproductiva los machos desarrollan las **callosidades nupciales** en sus patas, llaman a las hembras y realizan el **amplexo** con las hembras, las abrazan estimulando la ovulación. Conforme los óvulos son liberados al agua, los machos expulsan sobre ellos sus espermatozoides. Los sapos tienen metamorfosis. Los huevos o cigotos originan larvas denominadas renacuajos. Estos desarrollan respiración branquial, inicialmente por branquias externas, luego por branquias internas. Cuando pasan al estadio adulto pierden las branquias y desarrollan la respiración bucofaríngea y pulmocutánea.

Amplexo de anuros

4.14. REPTILES

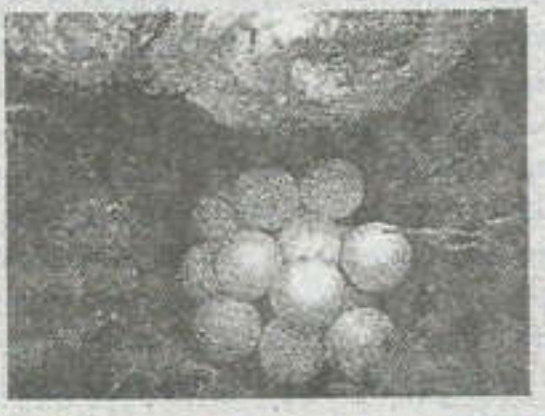
Son organismos dioicos, con dimorfismo sexual, fecundación interna y parto, generalmente, ovíparo. Los machos presentan dos testículos, con sus respectivos conductos deferentes que desembocan finalmente en el urodeo de la cloaca. Las serpientes y los saurios machos poseen un par de órganos copuladores llamados **hemipenes**, mientras que los cocodrilos y las tortugas tienen un **pene cloacal** de naturaleza muscular.

SISTEMA REPRODUCTOR DE LA TORTUGA



Las hembras poseen dos ovarios y dos oviductos que desembocan en el urodeo de la cloaca. A nivel de los oviductos presentan glándulas que producen secreciones que generan la clara, una envoltura membranosa y el cascarón calcáreo. Luego del apareamiento, las hembras generalmente paren los **huevos amniotas** con cascarón (son ovíparas). Algunas serpientes incuban sus huevos con cascarón en su interior (ovovivíparas). El huevo de los reptiles difiere notablemente del de los peces y anfibios porque poseen membranas extraembrionarias llamadas amnios, corion y alantoides, como adaptación a un desarrollo fuera del agua.

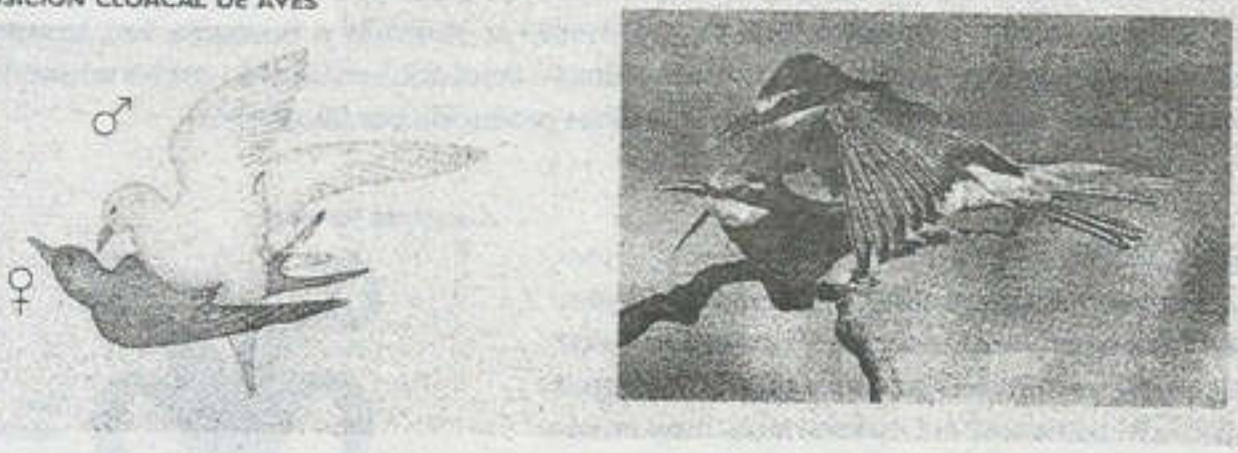
HUEVO AMNIOTA



4.15. AVES

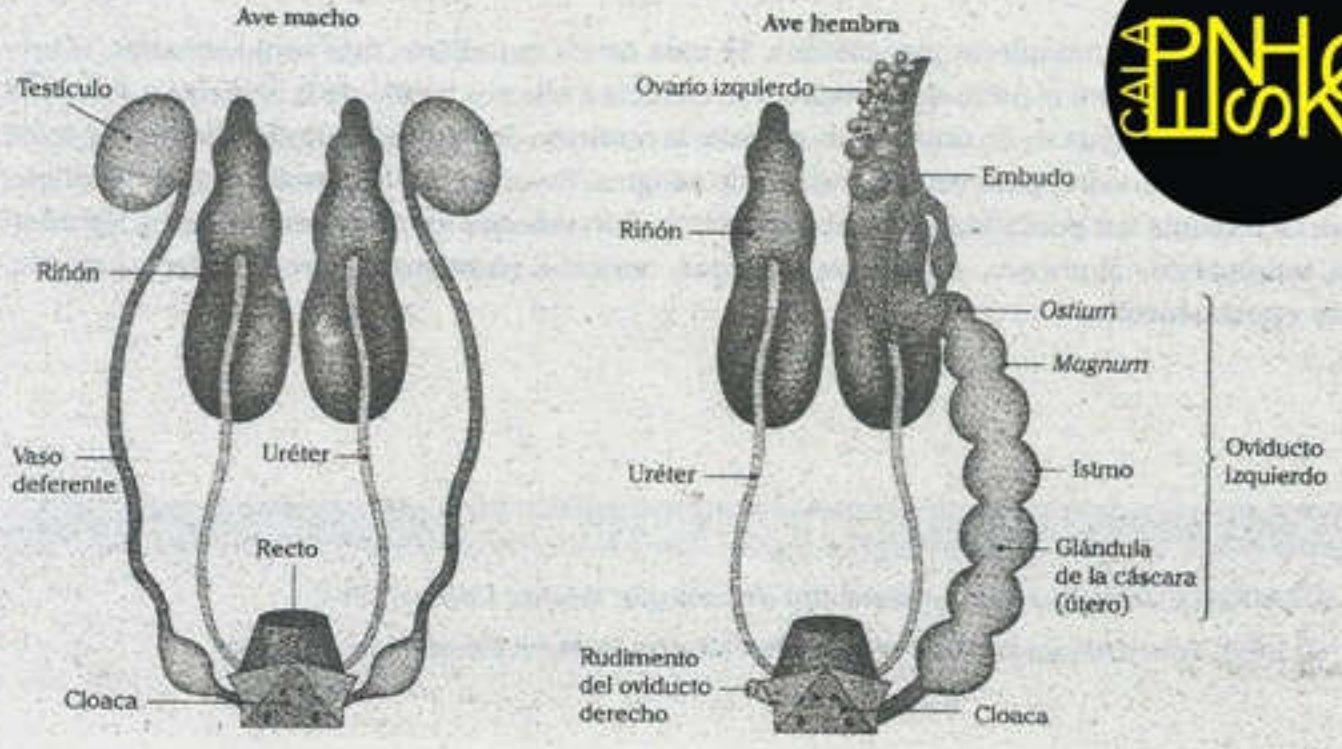
Son organismos dioicos, con dimorfismo sexual, fecundación interna y parto ovíparo. Los machos tienen un sistema reproductor similar al de los reptiles, se diferencia principalmente porque la mayoría carece de órganos copuladores, por ello cuando se acoplan con las hembras solo realizan **aposición cloacal**, es decir, juntan sus cloacas para transferir sus espermatozoides, a excepción, por ejemplo, de avestruces, patos y gansos que poseen pene cloacal.

APOSICIÓN CLOACAL DE AVES



Las hembras generalmente solo desarrollan el **ovario izquierdo** y el oviducto izquierdo que desembocan en la cloaca. El oviducto presenta cuatro regiones diferenciadas: el *ostium* o infundíbulo, que se encarga de la captura de los óvulos; el *magnum* o segmento rugoso" que es un engrosamiento glandular; el istmo, que produce la albúmina o clara del huevo; y el útero o glándula de la cáscara, que se encarga de producir el cascarón del huevo.

SISTEMA REPRODUCTOR DE AVES



4.16. Mamíferos

Son organismos dioicos, con dimorfismo sexual, fecundación interna y parto ovíparo o vivíparo. Los machos poseen testículos, generalmente ubicados en una bolsa inguinal denominada escroto, que participa en la regulación de la temperatura testicular.

4.16.1. Protuterios

Se trata de los mamíferos más primitivos, también conocidos como monotremas. Este grupo conservó las características reproductivas de sus ancestros reptilianos, son ovíparos. Pertenecen al grupo el ornitorrinco y el equidna, especies existentes en Australia y Tasmania. Los huevos son transportados en un saco abdominal por los equidnas o incubados en un nido por los ornitorrincos. Las crías rompen el cascarón y se nutren de la leche producida por las madres.

4.16.2. Metaterios

También llamados marsupiales. Son mamíferos vivíparos aplacentarios. El embrión se desarrolla dentro de la madre pero no se conecta a ella. Su tiempo de gestación es muy corto. Las crías nacen vivas pero por falta de nutrientes en estadio fetal, muy inmaduras, y se dirigen a una bolsa abdominal llamada marsupio dentro del cual se encuentran las glándulas mamarias. En el marsupio completan su desarrollo, lo que viene a ser su adaptación reproductiva fundamental. Son marsupiales los canguros, koalas, topos marsupiales, entre otros.

Canguro hembra

4.16.3. Euterios

También llamados mamíferos placentarios. Se trata de los mamíferos más evolucionados. El embrión se desarrolla en el útero de la madre y se conecta a ella por medio de la placenta y el cordón umbilical. La placenta es un órgano que permite la nutrición del feto, en general el intercambio de sustancias feto-madre, pero no hay mezcla de sangres. Favorece un desarrollo mayor de la cría, que incrementa sus posibilidades de supervivencia. Son euterios los roedores, primates, lagomorfos, quirópteros, carnívoros, edentados, sirénidos, cetáceos, plantígrados, proboscídeos, artiodáctilos y perisodáctilos.

Referencias bibliográficas

- BOOLOOTIAN, Richard. *Fundamentos de zoología*. México: Limusa, 1985.
- ORR, Robert. *Biología de los vertebrados*. México: Editorial Interamericana, 1974.

twitter.com/calapenshko

El origen de los monotremas

Si los monotremas estuvieran relacionados con los multituberculados, un grupo de mamíferos mesozoicos, según se sugirió en el pasado y, nuevamente, hace poco, se concluiría que la reproducción de estos no habría superado el estado primitivo de la de aquellos, cuyas crías nacen, muy poco desarrolladas, de un huevo con membrana, que debe ser incubado por los padres; cuyas hembras carecen de pezones, y cuya temperatura corporal solo es susceptible de un control rudimentario. Los multituberculados superaron exitosamente el límite cretácico terciario (65 millones de años atrás), que marcó la desaparición de los grandes dinosaurios; el mayor número de sus especies se ha encontrado en formaciones posteriores a esa fecha. El ocaso del grupo parece estar relacionado con el incremento en la diversidad de los primates y con el surgimiento de los verdaderos roedores. El reemplazo de los multituberculados por los roedores suele presentarse como ejemplo clásico de competencia entre grupos con requerimientos ecológicos similares.

Los monotremas, por su lado, se consideraban exclusivos de Australia hasta que, hace solo dos años, paleontólogos del Museo de La Plata descubrieron en la Patagonia un diente que puede ser atribuido a un animal perteneciente a una de las familias australianas, prueba de que en el pasado el grupo tuvo una distribución geográfica más amplia. Dos de las tres especies vivientes de monotremas carecen por completo de dientes, por lo que siempre ha resultado muy difícil ubicar estos animales en el contexto de los mamíferos mesozoicos, construido principalmente a partir de los caracteres dentarios. El molar fósil patagónico y otros encontrados también recientemente en Australia permiten comprobar que la ausencia de dientes es un rasgo que apareció tardíamente en los monotremas, y que los ejemplares primitivos poseían dientes complejos, como la mayoría de los mamíferos. Los monotremas son sumamente importantes para dilucidar algunos rasgos de la biología de las formas antiguas. Los caracteres que comparten con los marsupiales y los placentarios pueden suponerse presentes en todos los grupos que ocupan una posición filogenética intermedia; pero los rasgos primitivos que se encuentran en los primeros, pero no en los otros dos, seguramente aparecieron en alguno de los grupos que ocupan esa posición filogenética intermedia, que son varios. Entre los monotremas y los mamíferos tribosfénicos, el nombre que designa a los marsupiales, los placentarios y otras formas mesozoicas poco conocidas, se han identificado varios taxones, que fueron agrupados informalmente con la denominación de terios, categoría que incluye tres grupos mayores: simetrodontes, pantoterios y tribosfénidos.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Son animales metagénicos, con alternancia de generaciones asexuadas y sexuadas.

A) erizo de mar
B) pepino de mar
C) estrella de mar
D) esponjas de mar
E) medusas de mar

Resolución

Las medusas de mar son animales que se caracterizan por la alternancia en su forma de reproducirse; tenemos una fase asexuada que es sésil, que se reproduce por estrobilación, y la fase sexual que es móvil, que se caracteriza por ser dioica y con fecundación externa.

Clave: E

Pregunta 2

Las hidras se reproducen asexualmente por

A) isogamia.
B) gemación.
C) heterogamia.
D) estrobilación.
E) partenogénesis.

Resolución

Las hidras son animales con reproducción asexual y sexual. El mecanismo de reproducción asexual es la gemación, en la cual a partir del cuerpo del progenitor crece una yema que se transforma en un organismo en miniatura que se desprende y se independiza del progenitor.

Clave: B

Pregunta 3

Las tenias reproductivamente son

A) hermafroditas insuficientes con fecundación cruzada.
B) hermafroditas suficientes con fecundación cruzada.
C) hermafroditas insuficientes con fecundación interna.
D) hermafroditas suficientes con fecundación interna.
E) hermafroditas insuficientes con fecundación forzada.

Resolución

Las tenias son hermafroditas insuficientes con fecundación interna, presentan ambas gónadas, masculinas y femeninas, alojadas en segmentos corporales llamados proglótidos y son capaces de autofecundarse.

Clave: C

Pregunta 4

La larva trocófora es característica en

A) nematodos.
B) turbelarios.
C) equinodermos.
D) gasterópodos.
E) artrópodos acuáticos.

Resolución

La larva trocófora es un rasgo principal embriológico de los moluscos, para este caso se cita a los gasterópodos o caracoles, es una larva de ambiente acuático y móvil.

Clave: D

Lumbreras Editores

Pregunta 5

En las planarias la inseminación es recíproca, esto significa que

A) son hermafroditas suficientes.
B) las hembras y los machos intercambian gametos.
C) los machos inseminan hembras.
D) los monoicos se turnan para inseminarse.
E) individuos hermafroditas intercambian espermatozoides en simultáneo.

Resolución

Las planarias son gusanos hermafroditas insuficientes, necesitan encontrar una pareja con la cual acoplarse. En el proceso sexual las planarias intercambian espermatozoides en simultáneo, luego paren huevos.

Clave: E

Pregunta 6

La espícula en los machos y los espermatozoides sin flagelos es típico en

A) los poríferos.
B) los moluscos.
C) los nematodos.
D) los celentéreos.
E) los platelmintos.

Resolución

Los nematodos son los primeros animales que presentan diferencias morfológicas externas entre el macho y la hembra. Los pequeños machos son de cuerpo curvo y poseen espículas para poder inseminar a las hembras. Sus espermatozoides son aflagelados (sin flagelo); sin embargo, se desplazan por medio de pseudópodos (movimiento ameboideo).

Clave: C

Pregunta 7

¿Qué características reproductivas presentan los cefalópodos?

A) dioicos con fecundación externa
B) monoicos con fecundación interna
C) dioicos con fecundación interna
D) monoicos con fecundación externa
E) hermafroditas insuficientes

Resolución

Los pulpos, calamares, sepias y jibias se reproducen sexualmente, son dioicos con fecundación interna y ovípara.

En su apareamiento los machos utilizan un tentáculo modificado llamado hectocótilo, para la inseminación de las hembras.

Clave: C

Pregunta 8

¿Cómo se denomina la gónada de los caracoles de huerta?

A) teste
B) ovarios
C) testículos
D) ovotestes
E) órgano de Bidder

Resolución

Los caracoles de huertas son animales hermafroditas insuficientes. Carecen de testículos y ovarios, en su lugar poseen una gónada mixta denominada ovotestes que produce óvulos y espermatozoides, pero generalmente no lo hace en simultáneo. Por ejemplo, en los caracoles protándricos primero funciona como masculina y en la vejez como femenina.

Clave: D

Lumbreras Editores

Pregunta 9

En los erizos de mar la unión del óvulo con el espermatozoide se realiza fuera del cuerpo de la hembra. Este proceso se denomina

A) neotenia.
B) paidogénesis.
C) poliembrionía.
D) fecundación interna.
E) fecundación externa.

Resolución

La fecundación es el proceso de unión de las células sexuales o gametos diferentes: espermatozoide y óvulo, de la misma especie.

La fecundación externa se define como la que se da en el ambiente, fuera del cuerpo de los progenitores, como ocurre en los erizos de mar.

Rpta.: E

Pregunta 10

Son los vertebrados que producen grandes volúmenes de gametos.

A) aves
B) reptiles
C) metaterios
D) prototerios
E) peces óseos

Resolución

Los peces óseos producen grandes cantidades de gametos, pues la fecundación se lleva a cabo en el agua.

Muchos de sus gametos liberados no llegan a fecundar, porque la contaminación del agua genera su destrucción.

Rpta.: E

Pregunta 11

Es una característica de la reproducción en los peces cartilaginosos.

A) Todos son ovíparos.
B) ausencia de oviducto
C) con fecundación externa
D) con fecundación interna
E) apareamiento por amplexo

Resolución

Los tiburones, quimeras y rayas, que pertenecen al grupo de peces cartilaginosos, son animales dioicos con fecundación interna y son en su mayoría ovíparos, pero también hay especies ovovivíparas.

Para la fecundación interna hacen uso de aletas pélvicas modificadas denominadas fórceps, lo que les permite transferir el semen a las hembras.

Rpta.: D

Pregunta 12

Para estimular la ovulación de la *Pipa pipa* (rana), se requiere

A) la cópula.
B) el amplexo.
C) la aposición cloacal.
D) el mimetismo batesiano.
E) el camuflaje del macho.

Resolución

En los anfibios anuros (sapos y ranas) se realiza el amplexo: los machos abrazan a las hembras estimulándolas a ovular. Para ello el macho posee en sus patas delanteras el callo sexual, que desencadena la liberación de una masa de óvulos, llamada oóforo, al agua, luego de lo cual el macho libera sus espermatozoides.

Rpta.: B

Lumbreras Editores

Pregunta 13

En el proceso de reproducción sexual los animales que nacen de huevos se denominan

A) ovíparos.
B) marsupiales.
C) ovovivíparos.
D) vivíparos placentarios.
E) vivíparos aplacentarios.

Resolución

Los animales ovíparos son aquellos en los que las hembras expulsan los huevos fuera de su cuerpo, es decir, paren los huevos. Luego estos se desarrollan fuera del cuerpo de la madre.
Este tipo de parto es el más frecuente en el reino animal.

Clave A

Pregunta 14

Los reptiles, como las tortugas, se reproducen por huevos del tipo

A) alecito.
B) polilecito.
C) anfilecito.
D) mesolecito.
E) oligolecito.

Resolución

Los reptiles, en cualquiera de sus grupos representantes, se caracterizan por un huevo denominado policecito, con "yema grande y abundante material de reserva" para el desarrollo del embrión en su periodo de incubación.
Asimismo, debido a que en él se desarrollan las membranas extraembrionarias denominadas amnios, corion y alantoides, también se le llama huevo amniota.

Clave B

Pregunta 15

¿Cuáles son los reptiles que producen descendientes por partenogénesis?

A) tortugas
B) cascabeles
C) caimanes
D) lagartijas
E) anacondas

Resolución

La partenogénesis consiste en el desarrollo de óvulos no fecundados.
Las lagartijas son reptiles en donde la partenogénesis es muy común, mediante este proceso las hembras dan origen a nuevos individuos de su especie.

Clave D

Pregunta 16

Son vertebrados amniotas con un ovario atrofiado

A) aves
B) peces
C) reptiles
D) anfibios
E) mamíferos

Resolución

Las aves son los vertebrados cuyas hembras tienen atrofiado el ovario derecho, solo desarrollan el izquierdo. Esta es una de sus tantas adaptaciones para el vuelo, como la transformación de sus patas anteriores en alas, el desarrollo de los sacos aéreos, los huesos huecos, entre otros.
Se dice que son amniotas porque forman huevos con amnios, característica que heredaron de sus ancestros los dinosaurios.

Clave A

Lumbreras Editores

Pregunta 17

Son los mamíferos que carecen de escroto.

A) felinos
B) cánidos
C) sirénidos
D) rumiantes
E) proboscídeos

Resolución

El escroto es una bolsa inguinal de los mamíferos machos que protege a los testículos y regula la temperatura testicular favoreciendo el proceso de la espermatogénesis.

Los mamíferos cetáceos y sirénidos carecen de escroto.

Clave C

Pregunta 18

En las aves es muy recurrente la presencia de un solo ovario, sin embargo algunas presentan dos, tales como

A) los loros.
B) los albatros.
C) los colibríes.
D) las lechuzas.
E) los patos cabeza verde.

Resolución

La pérdida de la funcionalidad del ovario derecho aligera el peso de la hembra, favoreciendo la migración y, en general, el vuelo.

Sin embargo, algunas aves, dentro de ellas las lechuzas, aún desarrollan los dos ovarios y pueden volar.

Clave D

Pregunta 19

Son mamíferos que paren huevos con cascarón.

A) euterios
B) metaterios
C) prototerios
D) parsupiales
E) placentarios

Resolución

Existe un grupo de mamíferos que tienen características reproductivas reptilianas, se trata de los prototerios o monotremas, dentro de los que se encuentra el equidna y el ornitorrinco.

Estos animales son ovíparos, paren huevos con cascarón que luego de desarrollarse eclosionan y sus crías consumen la leche que exuda de las glándulas mamarias abdominales.

Clave C

Pregunta 20

¿Qué mamíferos paren crías que completarán su desarrollo en el marsupio?

A) platipos
B) equidnas
C) zarigüeyas
D) ornitorrincos
E) murciélagos

Resolución

Las zarigüeyas son animales del grupo de los marsupiales. Las hembras se caracterizan por llevar una bolsa inguinal donde las crías que nacen inmaduras completarán su desarrollo.

El nacimiento inmaduro se debe a que el feto no se conecta con la madre por medio de una placenta. Son marsupiales los koalas, canguros, topos marsupiales, ratas marsupiales, etcétera.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 21

Los animales en los que se ha investigado el fenómeno de regeneración son

A) tenias.
B) fasciolas.
C) esponjas.
D) anémonas.
E) planarias.

Resolución

La investigación experimental del proceso de regeneración biológica ha tomado como especie a las planarias, gusanos planos triploblásticos acelomados.

Rpta. E

Pregunta 22

Son insectos que se reproducen por partenogénesis.

A) abejas
B) cigarras
C) libélulas
D) saltamontes
E) cucarachas

Resolución

Los insectos sociales se caracterizan por presentar una forma de reproducción especial llamada partenogénesis.

En las abejas las reinas paren huevos no fecundados que al desarrollarse generan zánganos.

Por los mecanismos sexuales donde los óvulos son fecundados por los espermatozoides se originan las hembras: obreras, reina, soldados, etcétera.

Rpta. A

Pregunta 23

Son insectos con metamorfosis completa.

A) mariposas
B) cucarachas
C) saltamontes
D) mantis religiosa
E) pececillos plateados

Resolución

Las mariposas, moscas, escarabajos y otros insectos se caracterizan por tener metamorfosis completa: huevo, larva, pupa y adulto.

Los pececillos plateados son insectos con desarrollo directo, carecen de metamorfosis.

Las cucarachas, mantis religiosas, cigarras y saltamontes tienen metamorfosis incompleta.

Rpta. A

Pregunta 24

Las serpientes machos poseen ..... como órganos genitales.

A) edeagos
B) fórceps
C) claspers
D) hemipenes
E) pene cloacal

Resolución

Los machos exhiben una gran diversidad de órganos de acoplamiento.

En los reptiles destacan los hemipenes, que tipifican a las serpientes, y el pene cloacal, de las tortugas y cocodrilos.

Rpta. D

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. La gemación es un proceso de reproducción asexual en

A) nematodos.
B) platelmintos.
C) espongiarios.
D) oligoquetos.
E) rotíferos.

2. La estrobilación es una forma de reproducción asexual característica de

A) lombrices.
B) malaguas.
C) ctenóforos.
D) ascidias.
E) mixines.

La fragmentación es la forma más común de reproducción asexual en los invertebrados, pero no se encuentra en

A) la estrella de mar.
B) la lombriz de tierra.
C) la anémona de mar.
D) el erizo de mar.
E) la lombriz de mar.

4. Son animales vertebrados dioicos con fecundación interna.

A) peces
B) equinoideos
C) crustáceos
D) cetáceos
E) anfibios

5. Respecto al desarrollo embrionario, marque la secuencia correcta.

A) cigote-mórula-blástula-gástrula
B) mórula-blástula-cigote-gástrula
C) blástula-gástrula-mórula-cigote
D) blástula-gástrula-cigote-mórula
E) gástrula-blástula-cigote-mórula

6. El estadio del desarrollo embrionario que se caracteriza por la formación del arquenterón se denomina

A) huevo.
B) mórula.
C) blástula.
D) gástrula.
E) embrión.

7. Son los invertebrados con capacidad de autofecundación.

A) tenias
B) ascidias
C) quimeras
D) sanguijuelas
E) balanoglosos

8. Son animales dioicos con un marcado dimorfismo sexual.

A) céstodos
B) gasterópodos
C) nematodos
D) pelecípodos
E) antozoos

9. Identifique moluscos dioicos con fecundación externa.

A) pulpos
B) almejas
C) calamares
D) colmillo de mar
E) caracoles de huerta

Lumbreras Editores

10. Las gónadas mixtas denominadas ovotestes, se encuentran en especies monoicas como

A) sapos.
B) tenias.
C) caracoles.
D) pepinos de mar.
E) caballitos de mar.

11. Respecto a la metamorfosis completa de los insectos, indique la secuencia correcta.

A) huevo-larva-pupa-adulto
B) larva-pupa-adulto-huevo
C) larva-adulto-pupa-huevo
D) huevo-larva-adulto-pupa
E) huevo-adulto-pupa-larva

12. La partenogénesis en las abejas origina ....., organismos haploides que no realizan meiosis.

A) reinas
B) obreras
C) aguateras
D) zánganos
E) guardianas

13. El órgano copulador masculino denominado edeago, se encuentra en

A) moscas.
B) triquinas.
C) avestruces.
D) ballenas azules.
E) calamares gigantes.

14. Una característica de los insectos es la metamorfosis, sin embargo ..... presentan desarrollo directo.

A) los grillos
B) las cucarachas
C) los saltamontes
D) las chirimachas
E) los pececillos plateados

15. Los peces son organismos adaptados al ambiente acuático, la mayoría tiene fecundación externa excepto

A) atunes.
B) salmones.
C) pejerreyes.
D) tiburones.
E) anchovetas.

16. Son vertebrados con capacidad de metamorfosis.

A) tiburones
B) ranas
C) ornitorrinco
D) zarigüeya
E) caimanes

17. Cuando los huevos son retenidos en las cavidades reproductivas de la hembra para su desarrollo, el animal se denomina

A) ovíparo.
B) ovovivíparo.
C) vivíparo aplacentario.
D) vivíparo placentario.
E) partenogénico.

18. Son aves que copulan y, por lo tanto, no hacen oposición cloacal.

A) patos
B) gallinas
C) palomas
D) gaviotas
E) codornices

Lumbreras Editores

19. Se le llama animales hermafroditas a aquellos que

A) se autofecundan.
B) realizan partenogénesis.
C) tienen reproducción asexual.
D) regeneran las partes perdidas de su cuerpo.
E) generalmente poseen gónadas masculina y femenina.

20. Los armadillos se caracterizan por tener parto múltiple, proceso reproductivo conocido como

A) poliembrionía.
B) partenogénesis.
C) plasmogamia.
D) singamia.
E) cariogamia.

21. Son los únicos mamíferos ovíparos, ponen huevos con cascarón que luego incuban

A) marsupiales.
B) monotremas.
C) edentados.
D) úrsidos.
E) primates.

22. Los marsupiales se distinguen de los mamíferos placentarios por

A) no tener útero.
B) la gestación completa.
C) la presencia de vagina.
D) presentar gestación incompleta.
E) carecer de glándulas mamarias.

23. Son mamíferos que presentan criptorquidia, es decir, carecen de escroto.

A) cuyes
B) perros
C) leones
D) canguros
E) ratas

24. Los fetos que tienen intercambio de materiales con su progenitora a través de una placenta, pertenecen al grupo de los mamíferos

A) euterios.
B) metaterios.
C) prototerios.
D) marsupiales.
E) monotremas.

Lumbreras Editores

Elsa Viviana Barrientos Marca

Capítulo XXIV

Sistema endocrino animal

Objetivos

- Conocer la estructura, fisiología y evolución del sistema endocrino en los animales.
- Estudiar las principales hormonas y sus funciones tanto en invertebrados como en vertebrados.

Introducción

Las células de los organismos animales se comunican entre sí, fundamentalmente mediante señales químicas (hormonas) y eléctricas (neurotransmisores); la coordinación de ambas señales se hace vital para mantener la homeostasis. El término "hormona" procede de la palabra griega *hormaein* que significa 'excitar' y es considerado como mensajero químico (de estimulación o inhibición) que regula diversos procesos fisiológicos en los animales.

El concepto de secreción interna apareció en el siglo XIX, cuando Claude Bernard lo describió por primera vez en 1855 estudiando el hígado. La primera hormona que se descubrió fue la adrenalina, descrita por el japonés Takamine en 1901. Mientras, en 1905 fue acuñado el término hormona. Posteriormente el estadounidense Kendall aisló la tiroxina en 1914.

Después del sistema nervioso, el endocrino es el segundo gran sistema de integración que controla actividades corporales, mediante una comunicación a base de mensajeros químicos que se liberan a la sangre en pequeñas cantidades y son transportadas a través del sistema circulatorio por todo el cuerpo, donde producen respuestas de cambios funcionales en las células diana, según necesidad del organismo. La mayoría de las hormonas son secretadas por las glándulas endocrinas.

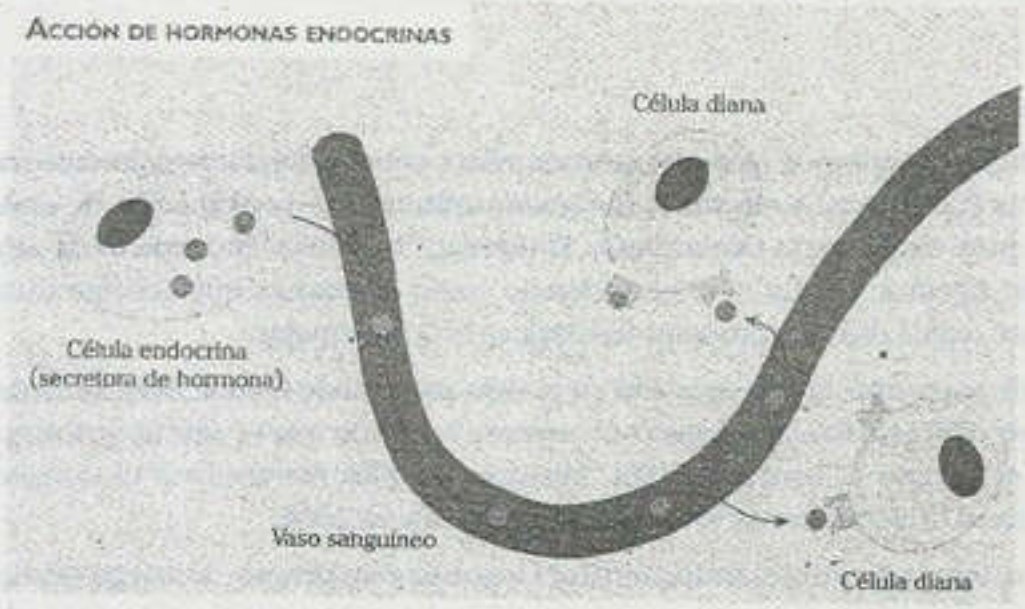
Las hormonas cobran importancia porque apoyan al sistema nervioso en mantener la homeostasis corporal; así como regulan el comportamiento animal, desencadenando respuestas de huida ante el peligro como medio de sobrevivencia o generando respuestas mecánicas conocidas como instinto que mantiene al animal en relación con su medio; asimismo regula el crecimiento y desarrollo corporal de los animales en la etapa embrionaria, metamorfosis y la madurez sexual del ciclo biológico.

Finalmente, las hormonas también influyen sobre las funciones celulares, alterando el ritmo de muchos procesos bioquímicos; así tenemos:

- Afectan a la actividad enzimática, alterando el metabolismo celular.
- Cambian la permeabilidad de la membrana.
- Regulan síntesis de proteínas.
- Permiten el metabolismo de glúcidos a través de los procesos de gluçogénesis, glucogenólisis (destrucción de glucógeno), gluconeogénesis (nueva formación de glucosa a partir de proteínas o lípidos).
- Estimulan la liberación de hormonas por parte de otras glándulas endocrinas diferentes.

1▸ SISTEMA ENDOCRINO ANIMAL

Está formado por células y glándulas endocrinas que secretan hormonas (mensajeros químicos) hacia el torrente sanguíneo con el fin de mantener la homeostasis.



Las hormonas secretadas por células endocrinas son transportadas por sangre hacia las células diana o célula blanco.

2▸ HORMONAS

Son mensajeros químicos secretados por células endocrinas hacia el torrente circulatorio y de allí a todo el cuerpo del animal; sin embargo, solo tienen efecto en células diana; es decir, en células que tienen receptores específicos que reconocen a dicha hormona y se unen a ella. Los vertebrados presentan una variedad de hormonas y receptores hormonales debido a evidencias moleculares que señalan duplicaciones genéticas y divergencias subsecuentes a causa de mutaciones en los receptores de invertebrados; así tenemos que los receptores de membrana plasmática de anémonas de mar son estructuralmente similares a los receptores para hormona tirotrofina (TSH),

hormona luteinizante (LH), hormona folículo estimulante (FSH) y otras moléculas señalizadoras o reguladoras en los vertebrados; es más, han encontrado que los genes (segmentos de ADN) que codifican los receptores tanto de vertebrados como invertebrados, poseen secuencias parecidas de nucleótidos (unidad del ADN).

La célula diana de los mamíferos puede tener de 2000 a 100 000 receptores para una hormona en particular, los cuales se renuevan continuamente.

2.1. HORMONAS HIDROSOLUBLES

Son solubles en agua y en su mayoría son transportadas en forma libre a través de la circulación sanguínea.

2.1.1. Hormonas aminoacídicas

Se llaman así porque conservan el grupo amino ($-NH_3^+$) y se forman de la modificación de un aminoácido, por ejemplo las catecolaminas como la adrenalina, noradrenalina y dopamina; mensajeros químicos encontrados en moluscos, artrópodos, equinodermos y cordados. Las catecolaminas se sintetizan con la modificación del aminoácido tirosina; la histamina se sintetiza del aminoácido histidina; la serotonina y la melatonina derivan del aminoácido triptófano.

2.1.2. Hormonas peptídicas y proteicas

Son polímeros de aminoácidos. Las hormonas polipeptídicas tienen de 3 a 40 aminoácidos, por ejemplo la hormona vasotocina, péptido precursor de la hormona antidiurética (ADH) de los mamíferos. La vasotocina tiene efecto regulador del metabolismo hídrico y salino en peces condrictios.

La isotecina de teleósteos es el péptido precursor de la mesotocina secretada por anfibios, reptiles y aves; este a su vez es precursor de la oxitocina secretada en mamíferos. Estas hormonas están relacionadas con cambios en la conducta sexual que estimula la necesidad de apareamiento.

Las hormonas proteicas tienen de 50 a 200 aminoácidos, por ejemplo la hormona de crecimiento, insulina, etcétera.

La especificidad de una membrana se debe a la presencia de receptores.

2.2. HORMONAS LIPOSOLUBLES

Son insolubles en agua y viajan en sangre unidas a proteínas transportadoras haciéndolas temporalmente hidrosolubles, así tenemos:

2.2.1. Hormonas esteroideas

Derivan del colesterol; estas hormonas han sido encontradas en artrópodos (ecdisona) y cordados (estrógenos, testosterona, etc.); asimismo se ha encontrado una maquinaria enzimática para la síntesis de esteroides en moluscos y equinodermos; pero no existe aún evidencia que sean utilizados como hormonas.

2.2.2. Hormonas tiroideas (T3 y T4)

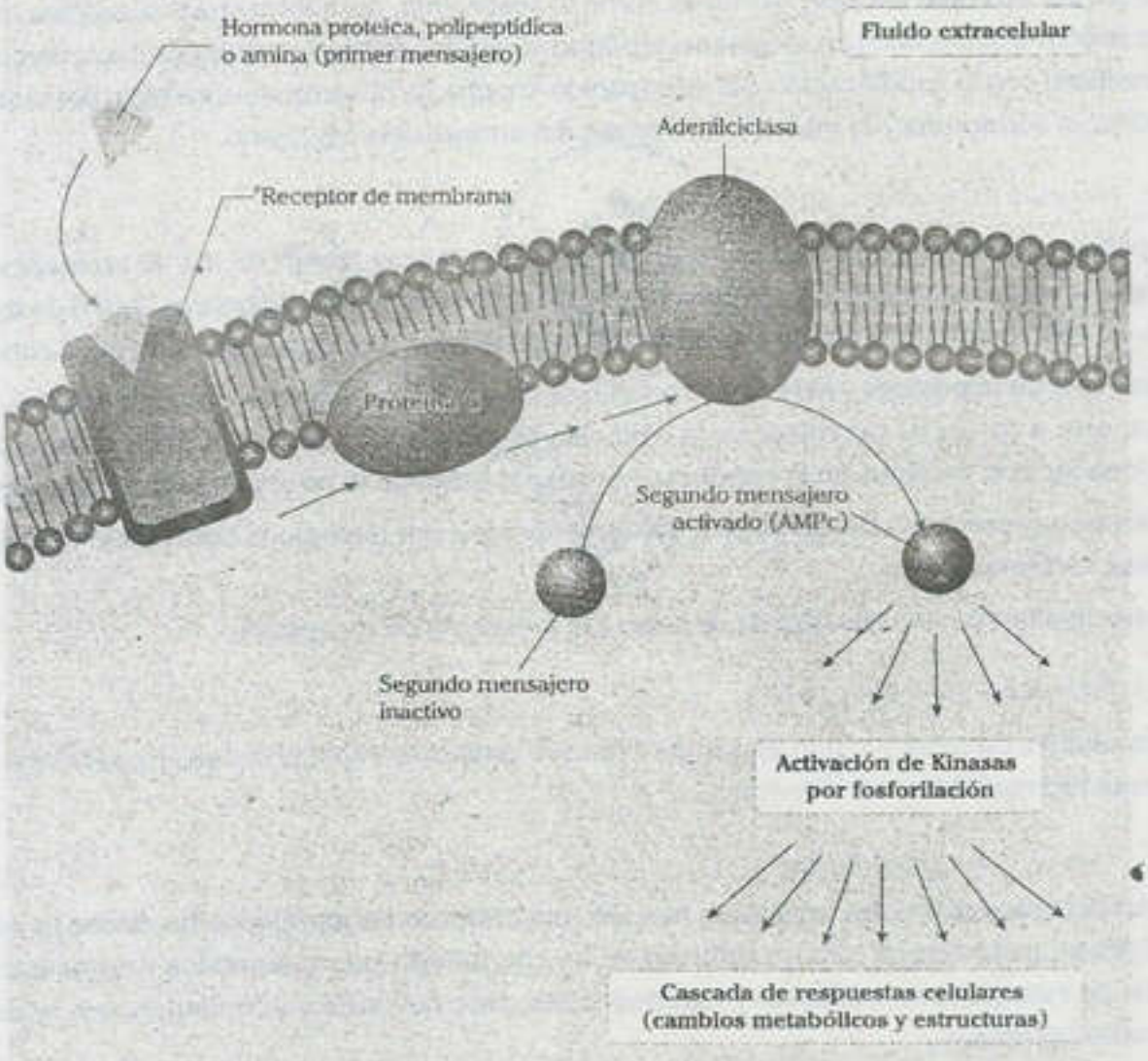
Se sintetiza agregando yodo al aminoácido tirosina. El anillo de benceno de la tirosina más la molécula de yodo hace que sean liposolubles. Los cordados secretan hormonas tiroideas.

Lumbreras Editores

3. MECANISMO DE ACCIÓN HORMONAL

3.1. MECANISMO DE ACCIÓN DE HORMONAS HIDROSOLUBLES

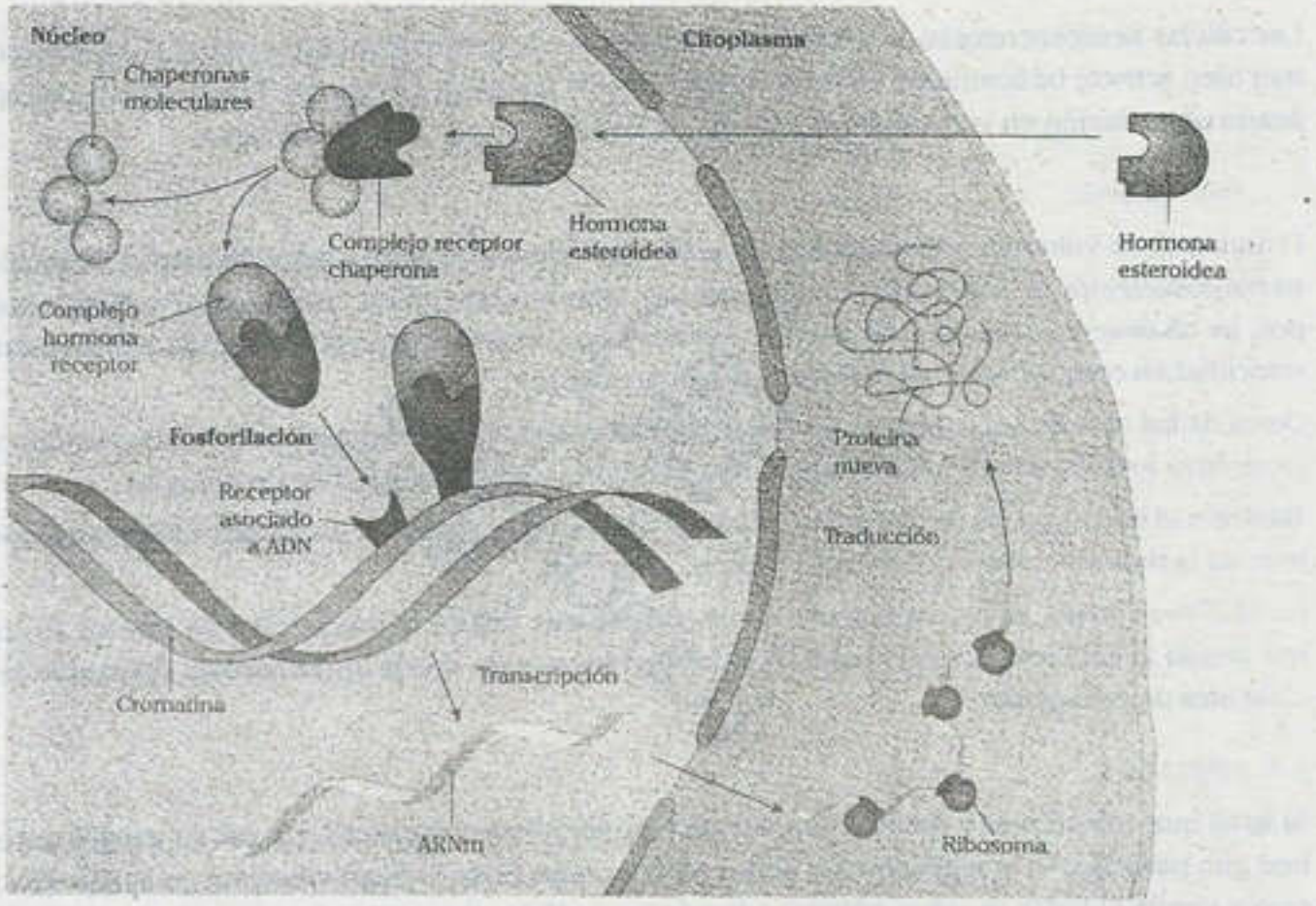
Las hormonas hidrosolubles, por su tamaño y composición química, no pueden atravesar la membrana celular y por tanto se unen a receptores de superficie de membrana de las células diana. La hormona actúa como primer mensajero, causando en el citoplasma la liberación de un segundo mensajero. Se han identificado seis compuestos, como segundos mensajeros el más importante es el AMP cíclico, que una vez activado puede desencadenar síntesis de glucógeno, degradación de lípidos, síntesis proteica, etc. Las hormonas que estimulan al AMPc son la hormona paratiroidea, glucagón, adrenocorticotropina (ACTH), tirotropina (TSH), hormona estimulante de los melanóforos (MSH), vasopresina (ADH), epinefrina (adrenalina).



Las hormonas hidrosolubles se valen de receptores de membrana para transmitir información hacia un segundo mensajero ubicado en el citoplasma.

3.2. MECANISMO DE ACCIÓN DE HORMONAS LIPOSOLUBLES

Las hormonas esteroides, por ser liposolubles, se difunden a través de la membrana celular y se unen a receptores específicos que se encuentran en el citoplasma o núcleo de las células diana. La unión hormona-receptor se da gracias a las proteínas chaperonas. El complejo hormona-receptor activa a genes específicos, produciendo el inicio de la transcripción génica y la síntesis de ARNm a partir de determinadas secuencias de ADN. El ARNm sale del núcleo al citoplasma para la traducción con la consiguiente síntesis proteica. Las hormonas tiroideas, y la hormona de la muda de los insectos (ecdisona), también actúan a través de receptores nucleares.



Las hormonas liposolubles atraviesan la membrana celular y se unen a su receptor intracelular, cuya acción es directamente en el ADN.

4. SISTEMA ENDOCRINO EN ANIMALES INVERTEBRADOS

4.1. CELENTÉREOS

A partir de estos animales recién se forman tejidos como el nervioso, dentro del cual encontramos neuronas; estas células en un inicio por ser ancestrales tendrán función dual de emitir señales químicas que operan tanto a corta distancia (neurotransmisores y neuromoduladores) como a larga distancia (hormonas). En hidras, por ejemplo, las neuronas secretan lo que parece ser una hormona de crecimiento durante la etapa de regeneración y crecimiento.

4.2. PLATELMINTOS

En estos animales ya se evidencian neurohormonas (hormonas liberadas por neuronas), con función de regular su crecimiento y desarrollo; así se tiene a la **organizina** que es responsable de la regeneración de los tejidos después de la fragmentación corporal como parte de su mecanismo de reproducción asexual. Se ha localizado células con esta función en los ganglios cerebrales y a lo largo de sus dos cordones nerviosos.

En el 2007 encontraron receptores de hormona tiroidea en *Schistosomamansoni* (platelminto) semejante a los vertebrados.

4.3. NEMATELMINTOS

Las células neurosecretoras de los ganglios cefálicos en los nematelmintos al parecer se encuentran bien activos, básicamente en las hembras durante la puesta de huevos. También se ha identificado una relación en la muda de la cutícula en las fases de crecimiento de larvas.

4.4. MOLUSCOS

El aumento de volumen (celomados) y tamaño determina un control a larga distancia y por tanto su neurosecreción se especializa mucho más; así tenemos que en los cefalópodos, como los pulpos, se ha descrito la acción de una "neuroadrenalina" como hormona que ayuda a una mayor velocidad en comportamiento de huida ante depredadores.

Cerca de los ojos de cefalópodos, se ubican glándulas ópticas que segregan hormonas gonadotróficas cuya función es estimular el crecimiento corporal y la maduración de las gónadas.

También se han encontrado hormonas neurohemáticas segregadas por los ganglios viscerales, que regulan la reproducción y el equilibrio hídrico.

En el género *Helix*, se ha encontrado una hormona que regula la producción de huevos y otra que regula la inhibición de este proceso, estas son secretadas desde los tentáculos ópticos de los caracoles de este género.

4.5. ANELIDOS

Al igual que celentéreos y moluscos, presenta una neurohormona secretada por su ganglio cerebral que participa en la regeneración de los tejidos después de la fragmentación, en la reproducción y regula el balance salino-hídrico; además los anélidos tienen una hormona juvenil que los ayuda a mantener este estado evitando la maduración de los gametos sexuales y también que no alcance la fase adulta.

4.6. INSECTOS

En los insectos, la neurohormona actúa sobre la glándula endocrina provocando la secreción de una hormona que actúa en tejidos no endocrinos, este proceso es propio de invertebrados evolucionados.

Los insectos tienen ciclos de vida que son desarrollados a base de secreción hormonal; así tenemos:

- Ciclo holometábolo
- Ciclo hemimetábolo

Lumbreras Editores

4.3.1. Ciclo holometabólico

El desarrollo de vida de los insectos como los dípteros (moscas), lepidópteros (mariposas, polillas) y coleópteros (escarabajos), se da a través de cambios complejos o totales que reciben el nombre de metamorfosis completa.

El cerebro de animales holometábolos recibe señales ambientales y de comportamientos que estimulan a las células neuroendocrinas del protocerebro para la secreción de la hormona protoracicotrofina (HPTT); esta hormona proteica es transportada por vía axoplásmica, almacenada en órganos neurohemales.

La HPTT liberada se une a los receptores de la glándula protorácica, estimulando la secreción de **α ecdisona**, que es convertida periféricamente (otros tejidos) en 20 **hidroxiecdisona** (β ecdisona). Los cambios producidos por los ecdiesteroides se dan en un periodo de tiempo específico; por ejemplo los músculos intersegmentales del lepidóptero *Manduca sexta* mueren en un lapso de 36 horas después de la metamorfosis. Este efecto es desencadenado por la disminución de niveles de ecdiesteroides, al parecer por una represión selectiva de genes que previamente habían sido activados por las hormonas.

Los ecdiesteroides son las hormonas esteroideas que estimulan la secreción de enzimas necesarias para la muda por parte de la epidermis; fabricando así una nueva cutícula por debajo de la vieja.

Los cuerpos alados o *corpus allatum*, análogos a la glándula pituitaria, están formados por células endocrinas no neuronales que secretan a la **hormona juvenil** (JH) o **neotenina** (cuyo componente fundamental es un ácido graso modificado), la que es responsable del mantenimiento de los caracteres larvarios.

Tanto la ecdisona como la neotenina actúan de manera sinérgica durante la muda de la larva, la cual crece pero no realiza metamorfosis, trayendo como consecuencia la muda de larva a larva, que se completa en cuatro o cinco estadios, durante los cuales la concentración de hormona juvenil declina progresivamente (en este estadio causa mayor daño a los cultivos).

Cuando la hormona juvenil baja su concentración, la proporción de α ecdisona se incrementa permitiendo la metamorfosis de larva a pupa, estado en el que tiene lugar una extensa reorganización para dar lugar a la forma adulta; es decir, produce el cambio del exoesqueleto denominado muda o ecdisis.

Luego, el artrópodo emerge de la exubia (exoesqueleto viejo) por acción de la hormona de la eclosión, neurohormona producida por las células neurosecretoras cuyos axones terminales se encuentran en la zona corpórea cardiaca que son órganos neurohemales.

La **bursicona** neurohormona proteica, producida por las células neurosecretoras, estimula el engrosamiento de la cutícula después de la muda.

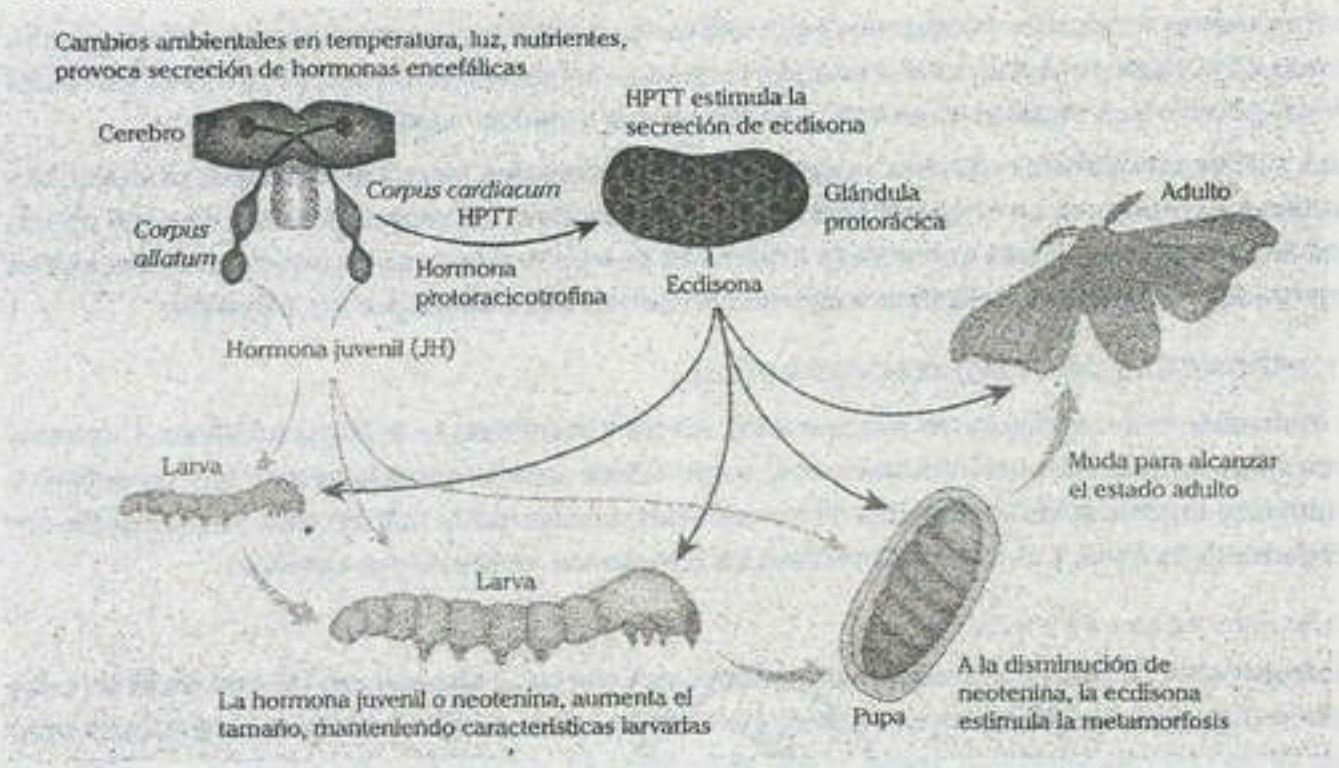
En la etapa adulta reproductiva, la neotenina vuelve a incrementarse. En los machos de algunas especies de insectos, la hormona juvenil promueve el desarrollo de los órganos sexuales accesorios; en muchas hembras de insectos, induce la síntesis del saco vitelino y promueve la maduración de los huevos.

Limbrera Ediciones

CARACTERÍSTICAS DE LAS HORMONAS DEL CICLO HOLOMETÁBOLO

Hormona	Bursicona	Ecdisona (hormona de la muda)	Hormona de la eclosión	Protorácicotrofina (HPTT)	Hormona juvenil (JH)
Tejido de origen	Células neurosecretoras en el cerebro y cordón nervioso.	Glándulas protorácicas, folículo ovárico	Células neurosecretoras en cerebro	Células neurosecretoras del cerebro	*Corpus allatum*
Estructura	Proteína (PM 40 000)	Esteroide	Péptido	Proteína pequeña (PM 5000)	Derivado de ácidos grasos
Tejido efector	Epidermis	Epidermis, grasa corporal, discos imaginales	Sistema nervioso	Glándula protorácica.	Epidermis, folículos ováricos, glándulas sexuales accesorias, grasa corporal
Acción primaria	Promueve el desarrollo de la cutícula, induce el bronceado de la cutícula de los adultos que recién mudaron	Aumenta la síntesis de ARN, proteínas, mitocondrias y retículo endoplásmico; promueve la secreción de nueva cutícula.	Induce la emergencia del adulto desde pupa.	Estimula la liberación de ecdisona.	En la larva, promueve la síntesis de estructuras larvales e inhibe la metamorfosis. En el adulto, estimula la síntesis y captación de ciertas proteínas, activa los folículos ováricos y las glándulas sexuales accesorias.
Regulación	Estímulos asociados con la muda promueven la secreción	La HPTT estimula su secreción	"Reloj" endógeno	Diversos estímulos ambientales e internos (fotoperiodo, temperatura, cantidad de individuos) promueven su secreción; la JH inhibe su liberación en ciertas especies.	Factores estimuladores e inhibitorios desde el cerebro son los que controlan su secreción.

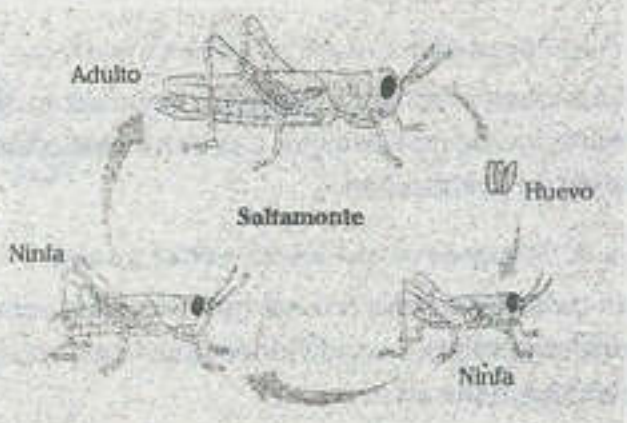
CONTROL HORMONAL DE METAMORFOSIS



Las hormonas estimulan los diferentes estadios en la mayoría de insectos (huevo, larva, pupa e insecto) a estos cambios totales se denomina metamorfosis completa.

El ciclo de vida de insectos hemípteros (chinches, pulgones, cigarras), ortópteros (grillos y langostas) y los dictiópteros (cucarachas), comienza con el desarrollo del huevo a un estado de ninfa inmaduro. La ninfa come, crece y pasa por varias mudas, reemplazando el viejo exoesqueleto por uno más blando que se expande a un tamaño mayor antes de endurecerse. El último estado de ninfa da origen al estado adulto, a este proceso se le denomina metamorfosis incompleta.

METAMORFOSIS INCOMPLETA



La metamorfosis es incompleta; hay cambios mínimos que permiten diferenciar la ninfa del adulto.

- **Alastotatina y alatotropina.** Son oligopéptidos que regulan la producción de la hormona juvenil.
- **Hormona adipocinética.** Regula aumento de grasas como sustancias de reserva.
- **Hormona hiperglucemiante.** Forma glucógeno de reserva.
- **Insulina.** Favorece el crecimiento de órganos y estimula la formación de reservas en tejidos.
- **Cardiorreguladoras, mioquininas y miotropinas.** Regulan la funcionabilidad del tejido muscular cardiaco, liso y esquelético.

5. Feromonas en insectos

Las feromonas son sustancias químicas que utilizan los animales para comunicarse entre sí, produciendo en el sujeto receptor conductas estereotipadas. El término feromona proviene de las raíces griegas *pherein* que significa 'transferir' y *hormone* que significa 'excitar'.

Estas sustancias químicas olorosas segregadas por los animales, personas o plantas, provocan determinadas respuestas en el apareamiento, en el desarrollo o el comportamiento de otros miembros de esa especie. Se han encontrado evidencias de feromonas tanto en invertebrados como en vertebrados. Existen varias clasificaciones de las feromonas emitidas por los animales.

5.1. Feromonas de organización social

Se transmiten por vías digestivas (boca o ano). A esta transmisión se le llama trofalaxis. Con estas feromonas se trasmiten las informaciones, como dónde está la comida, dónde hay un peligro y también se organizan las sociedades de las especies. Las abejas la utilizan para identificar las necesidades de la reina. Los insectos perciben las feromonas mediante sus antenas.

5.1.1. Feromonas de casta

Generalmente utilizadas por insectos como hormigas y abejas. En el proceso de desarrollo de estas especies se presentan diferentes castas según la alimentación aportada. Las obreras suelen alimentar a las larvas con esta feromona, según lo que se necesite en el nido. Si se les aporta la feromona por dos o tres días, de esa larva surgirá una obrera, mientras que si se le aporta por cinco días, surge un soldado, y con más de doce días, una princesa. En todos los casos son hembras, pero en el caso de la obrera y el soldado, las gónadas están atrofiadas. Los machos en estos casos se producen mediante la no fecundación del huevo, proceso denominado partenogénesis (los machos son haploides).

5.1.2. Feromonas marcadoras de pistas

Cuando una hormiga o un grupo encuentran el alimento, dejan un rastro para que otros vayan a la misma fuente de alimento. Las hormigas marcan el rastro en el suelo, mediante las glándulas que tienen en el abdomen.

5.1.3. Feromonas de agregación social

Las colonias o nidos en los que viven los animales tienen un olor característico y propio, que lo presentan todos los individuos que viven en esa colonia. Un individuo intruso sería rápidamente reconocido por su olor.

5.1.4. Feromonas de alarma

Mediante olores puede hacerse un rápido aviso de la presencia de un enemigo. En muy poco tiempo se activa una alarma general. Las glándulas que emiten en los insectos estas feromonas se sitúan en el abdomen, dispara las feromonas en altas concentraciones quedando en suspensión por el aire, esto hace que esté en sobre aviso el resto de la colonia.

5.1.5. Feromonas sexuales

Las hembras, durante el vuelo nupcial, producen olores de atracción para los machos, para ayudarles a encontrarse y realizar la cópula.

5.2. CRUSTÁCEOS

Al igual que en los anteriores animales predomina la neurosecreción que se convierte en el principal regulador de la respuesta endocrina, adicionalmente a este presentan el órgano Y, que produce a la **hormona estimuladora de la muda** (MH) o **alfa ecdisona**; pero cuando es secretada hacia la hemolinfa se activa y forma la beta ecdisona o 20 hidroxiecdisona la cual es responsable de los cambios en los tejidos. La hormona que inhibe a la muda (MIH) es secretada por los órganos X e inhibe también a la hormona MH.

Los ganglios nerviosos que se conectan con los ojos forman la glándula sinusal, ubicándose en el pedúnculo ocular. A los racimos de cuerpos celulares se denominan órganos X, los que producen hormonas que se acumularán en la hemolinfa; por ejemplo, la hormona hiperglicemiante (aumenta la concentración de glucosa en la hemolinfa) y la hormona concentradora de eritróforos (es responsable de los cambios de coloración de cutículas).

La pigmentación corporal está regulada por el sistema nervioso central y las células neurosecretoras del pedúnculo ocular que forman la glándula sinusal, que distribuyen los pigmentos rojos amarillos, azules y blancos; cuando estas hormonas no actúan de manera adecuada, los crustáceos presentan un color oscuro.

Respecto a la madurez sexual, se ha observado que juega un papel medular la glándula Y, que al ser extirpada en animales juveniles no se observa la maduración de las gónadas. En el caso de las hembras se ha observado que el sistema nervioso envía señales para la maduración de los huevos, que marca el inicio de la secreción hormonal por parte del ovario que activa los cambios corporales preparatorios para la incubación de los huevos o para su retención. La ecdisoma producida por los órganos Y tiene efecto en el exoesqueleto y el hepatopáncreas que iniciarán el proceso de descalcificación del insecto y la acumulación de reservas alimenticias.

La glándula androgénica permite el desarrollo de caracteres masculinizantes; algunos crustáceos a los que se retira esta glándula, los testículos se convierten en ovarios, o si a una hembra se le inserta la glándula, androgénica los ovarios se convierten en testículos.

5.3. ARACNIDOS

El sistema neurosecretor de las arañas ha sido bien estudiado, se han encontrado hormonas secretadas por los ganglios cefálicos o cerebro, además se han encontrado los órganos de Schneider, que regulan mediante la secreción hormonal, la muda y la madurez sexual. También encontramos los **órganos de Sokolow**, que regulan mediante su secreción la función cardiaca.

5.4. EQUINODERMOS

Se han encontrado neurohormonas que participan activamente en la reproducción, inducen a la expulsión de gametos para la fecundación externa así como su hormona inhibitoria conocida como la **shedhibina** (*shed* = emitir), que inhibe la emisión de gametos.

Lumbreras Editores

6. Sistema endocrino en animales vertebrados

El sistema endocrino de los vertebrados es muy diferente de los invertebrados. Así en los vertebrados, el sistema hipotálamo-hipofisiario conserva un papel regulador importante de las glándulas periféricas por su control de las secreciones hipofisiarias. En los invertebrados se ha dado una evolución de células endocrinas dispersas a glándulas endocrinas, mientras que en los vertebrados estas glándulas endocrinas son compactas discretas con tendencia a formar órganos endocrinos en una sola estructura, como la tiroides, paratiroides, corteza y médula suprarrenal.

Además, en los vertebrados existe una conservación filogenética de las glándulas y sus hormonas. En general, se puede afirmar que no son las hormonas las que evolucionan, sino sus efectos fisiológicos; asimismo, los órganos endocrinos no evolucionan sino que las hormonas antiguas adquieren una nueva función; sin embargo, algunas glándulas endocrinas sí evolucionaron como las glándulas ultimobranquiales que aparecen primero en los elasmobranquios, y las glándulas paratiroideas en los teleósteos.

La glándula tiroides es homóloga al endostilo, que es una glándula secretora de moco en los cefalocordados o urocordados. El endostilo contiene yodo, hormonas tiroideas y sus precursores. Asimismo, la tiroides de las lampreas adultas se desarrolla durante la metamorfosis del endostilo secretor de moco de las larvas.

El control endocrino de la digestión es llevado a cabo por células aisladas del tracto gastrointestinal primitivo; el páncreas se desarrolla a partir de acúmulos del tejido glandular intestinal.

La adenohipófisis se desarrolla como un saco de epitelio intestinal en el techo de la boca del embrión.

El tejido renal (nefrogénico) da lugar a las glándulas interrenales de los vertebrados inferiores y a la corteza suprarrenal de los mamíferos.

El tejido cromafín, otro sistema endocrino muy relacionado con los riñones, secreta adrenalina y noradrenalina. En los mamíferos forma la médula suprarrenal, que es homóloga a un ganglio simpático y se deriva de la cresta neural.

6.1. Ciclóstomos

Tienen como hormona antidiurética a arginina-vasotocina o vasofocina (efecto antidiurético), que es el octapéptido básico en los vertebrados con excepción de los mamíferos. Por lo general, las glándulas endocrinas cumplen el mismo rol que en todos los vertebrados superiores.

6.2. Peces

La hipófisis de los peces carece de sistema portal hipotálamo-hipofisiario (vascular), característico de tetrápodos; por lo tanto, las neurohormonas que controlan la actividad de las distintas células endocrinas de la hipófisis son liberadas desde los terminales neurosecretores de forma más o menos directa en el entorno de las células diana, a través del tallo neurohipofisiario.

La vasotocina secretada por el hipotálamo en peces tiene efecto antidiurético, promoviendo la reabsorción de agua por la nefrona; por lo tanto, influye en el equilibrio hidroosmótico del animal.

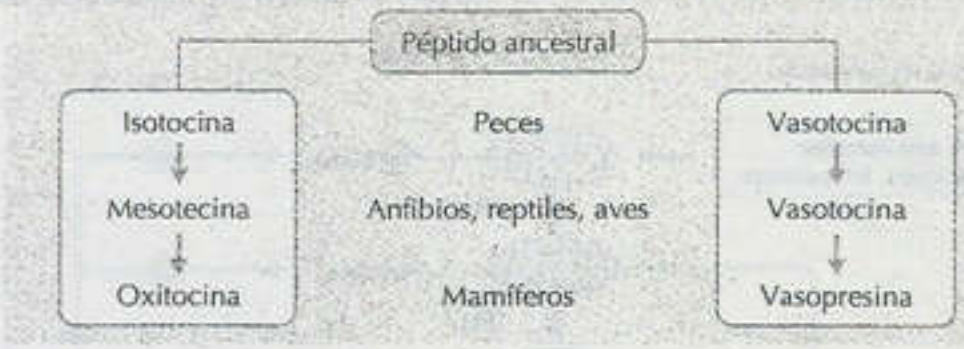
Universitas Editores

Presenta a las hormonas GnRH, TRH (se encuentra además en gasterópodos, lampreas, etc.), urotensina 2 (de la urofisis) que es homólogo a la CRH. En los osteíctios la secreción hormonal incide directamente en el crecimiento del pez, para lo cual el sistema endocrino sintetiza una serie de hormonas como son la hormona del crecimiento, la tiroxina y otras de menor incidencia.

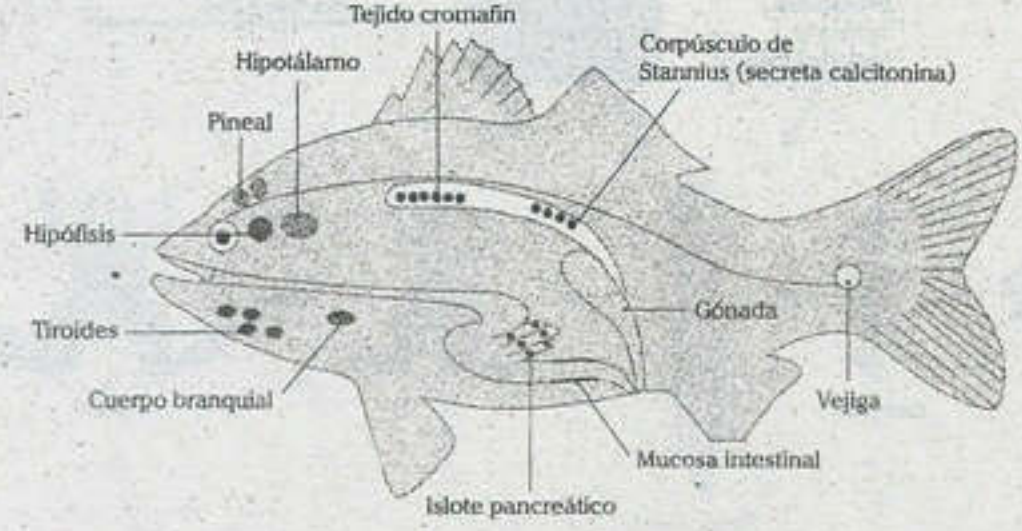
La prolactina permite la adaptación de los peces a la osmolaridad del medio. A nivel de las glándulas suprarrenales no se aprecia una separación definida entre la corteza y la zona de la médula a diferencia de los mamíferos; sin embargo, hay secreción de mineralocorticoides que regula el transporte de sodio a nivel de las glándulas rectales; los mineralocorticoides regulan el transporte de sodio en branquias e intestino.

Los condricties presentan glándulas ultimobranquiales encargadas de la secreción de paratohormona (hormona hipercalcemiante) que en los elasmobranquios lo realizan las glándulas paratiroideas; sin embargo, tanto condricties como osteícties presentan la glándula de Stannius que secreta hipocalcina (hormona hipocalcemiante que disminuye el calcio en la sangre).

Presentan además el cuerpo de Brockman, esto significa que los islotes de Langerhans se encuentran dispersos en varias zonas como en el hígado, en la vesícula biliar y algunas porciones más cerca del intestino.



GLÁNDULAS ENDOCRINAS EN PECES



La glándula de Stannius que secreta hipocalcina se encuentra tanto en osteícties como en condricties.

6.3. ANFIBIOS

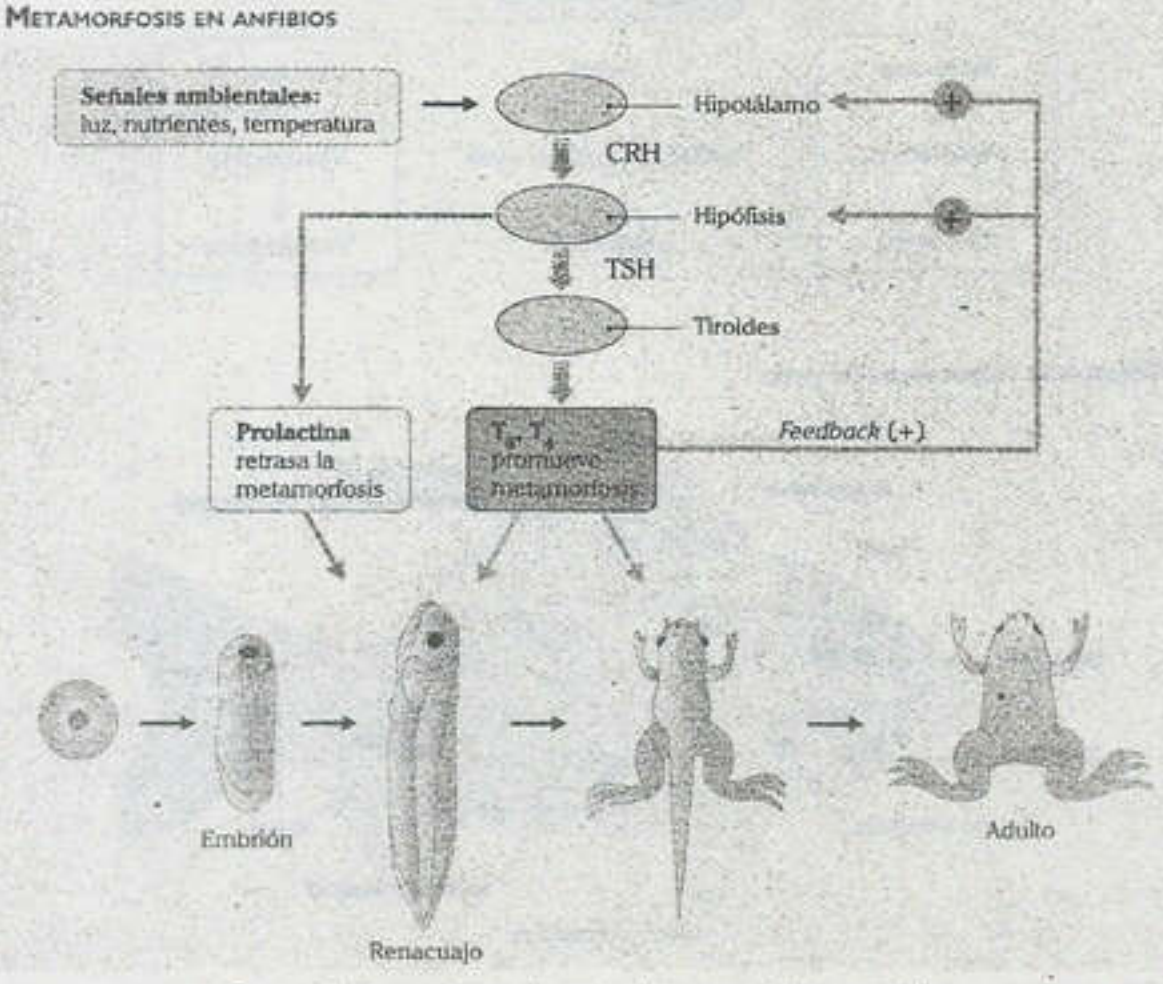
En anfibios acuáticos la vasotocina tiene poco efecto antidiurético; sin embargo, en los anuros terrestres estimula la entrada de agua a través de la piel; además también produce contracción del útero y oviducto. Los mineralocorticoides regulan los niveles de sodio en la piel y vejiga urinaria. La GH y la PRL dirigen el crecimiento y el desarrollo por acciones directas sobre los órganos periféricos y regulando la actividad de la tiroides.

La tiroxina es la hormona más importante para la metamorfosis de los renacuajos (su exceso acelera la metamorfosis en desmedro de su crecimiento); sin embargo, también actúa la prolactina que estimula el crecimiento antes de la metamorfosis de una manera más potente que la GH; pero una vez que la metamorfosis es completa esta relación de potencia se invierte.

La hormona intermedina regula la coloración epidérmica de los anfibios.

La neotenia de los urodelos produce la conservación de la forma juvenil debido al retardo del desarrollo corporal en relación con las células germinales y las gónadas, que consiguen la madurez en el tiempo normal. En ciertas salamandras, la madurez sexual se produce en lo que es frecuentemente considerado un estadio larval. El sistema reproductivo y las células germinales maduran, pero el resto del cuerpo conserva su forma juvenil durante toda la vida. En la mayoría de tales especies la metamorfosis no se produce y la madurez sexual tiene lugar en un cuerpo larval.

Metamorfosis en anfibios



Secuencia hormonal que determina la metamorfosis en anfibios.

6.4. REPTILES

Su sistema endocrino regula la pigmentación del cuerpo así como el metabolismo general. La tiroides está involucrada en el metabolismo del oxígeno así como en los procesos de crecimiento y muda, mientras que las paratiroides regulan el metabolismo del calcio y el fósforo. Una característica relevante en este grupo de animales es el número de glándulas paratiroides que es impar.

Los mineralocorticoides regulan los niveles de sodio en las glándulas de la sal.

La testósterona interviene en la espermatogénesis y maduración sexual de los machos, escamas pigmentadas y desarrollo muscular.

La vasotocina presenta un efecto de contracción del útero, oviducto; así como un efecto antidiurético.

6.5. AVES

La glándula hipofisiaria de las aves no presenta lóbulo intermedio reconocible, hay pruebas que el lóbulo anterior de las gallinas produce una hormona que determina el efecto parecido a la intermedina.

Otra característica del lóbulo anterior de la hipófisis es su estrecha relación con el sistema nervioso central y sus órganos exterorreceptores. Esta compleja distribución hace posible controlar en gran parte los procesos reproductores, como por ejemplo se conoce que la presencia visual de machos en el hábitat estimula el desarrollo del folículo y la ovulación. También se sabe que la nidación inhibe por contacto ventral la ovulación.

Las hormonas tiroideas potencian la GH en el crecimiento de las aves; así como influyen en la muda del plumaje e influye en su madurez sexual.

Asimismo, las aves presentan glándulas de la sal cuyos niveles de sodio son regulados por mineralocorticoides.

La prolactina regula la secreción de leche en el buche (solución grasienta, proteínica, viscosa y blanca), la cual es secretada por ambos sexos durante el estado de cría.

En la gallina la vasotocina se libera cuando se produce la distensión de la parte baja del oviducto al bajar el huevo.

6.6. MAMÍFEROS

En los mamíferos la vasopresina y oxitocina son sintetizadas por neuronas que constituyen los núcleos supraóptico y paraventricular del hipotálamo, respectivamente, y son transportadas a la neurohipófisis, donde son almacenadas en dilataciones no terminales de los axones neuronales, llamados cuerpos de Herring. Sus neurofisinas son estructuralmente distintas; aquí las neuronas hipotalámicas tienen contactos neurohemales con capilares en la glándula.

En los mamíferos la oxitocina estimula la contracción del útero en el periodo inmediatamente previo al parto. En este periodo hay un aumento dramático en el número de receptores a esta hormona en la musculatura del miometrio; asimismo, la oxitocina también estimula la eyección de leche de las glándulas mamarias, induciendo la contracción de las células mioepiteliales. La succión de los pezones por el recién nacido estimula la salida de leche por reflejo neuroendocrino.

Umbreras Editores

Las funciones de las hormonas en los mamíferos son comunes a las de los humanos, pero podríamos resaltar, por ejemplo:

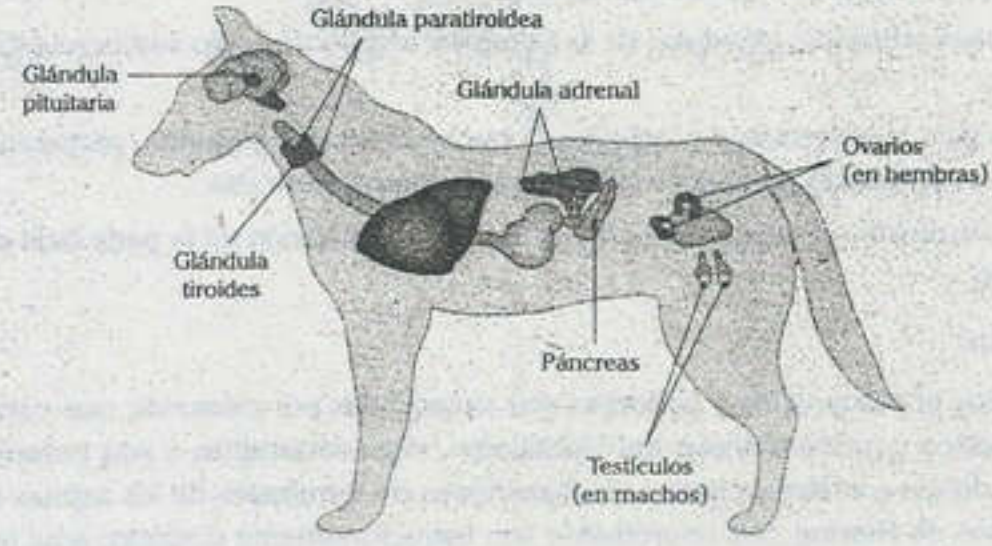
- La testosterona favorece el desarrollo de los caracteres secundarios sexuales como en los leones la aparición de la melena, el desarrollo de cuernos o astas en renos, toros y otros.
- La hormona antidiurética es secretada en mayor cantidad por animales que habitan zonas cálidas y secas.
- La oxitocina en monotremas favorece la oviposición y la aparición en marsupiales y placentados.
- La tiroxina participa en la muda del pelaje en animales que requieren un cambio drástico por factores ambientales; así como influye en su madurez sexual.
- La hormona MSH regula el cambio de color en el pelaje, esto no ocurre en aves.

Las señales olorosas que los mamíferos producen y liberan están relacionadas con diversos aspectos de su biología y de sus características individuales como miembro de una población; por ejemplo, sexo, edad, identidad y estado de ánimo, y esto le permite realizar diversos procesos dentro de la especie, como:

- Receptividad de hembras
- Lactancia en hembras
- Gravidez
- Reconocimiento individual, familiar, grupal
- Reconocimiento jerárquico, orden social
- Reconocimiento del sexo
- Marcado de territorio

twitter.com/calapenshko

GLÁNDULAS ENDOCRINAS EN MAMÍFEROS



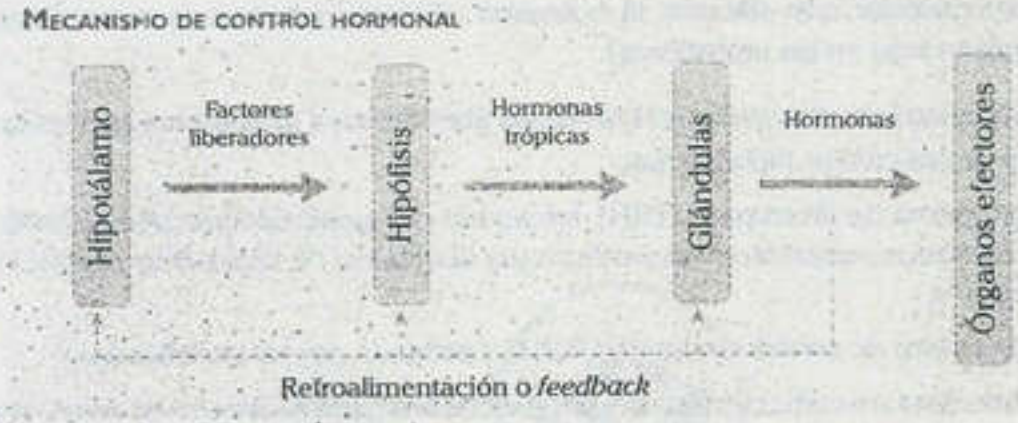
Las glándulas endocrinas en los mamíferos son mucho más complejas y organizadas.

Los efectos que se pueden producir son el acelerar o desacelerar pubertad, la duración o aspectos temporales del ciclo menstrual y la modulación en la respuesta a otros estímulos.

Las feromonas se perciben a través del olfato y estas son secretadas en orina, heces, glándulas de la piel, saliva, secreciones vaginales y comportamientos para diseminar la feromona como frotación en objetos.

Son glándulas endocrinas, cuyo motor del sistema es el hipotálamo, a través de la secreción de hormonas liberadoras controla a la hipófisis y esta a su vez secreta hormonas que tendrán efecto en las glándulas periféricas, la regulación se da mediante el *feedback*.

Son mecanismos de control para aumentar o disminuir la secreción hormonal en el sistema hipotálamo-hipófisis-glándula periférica.

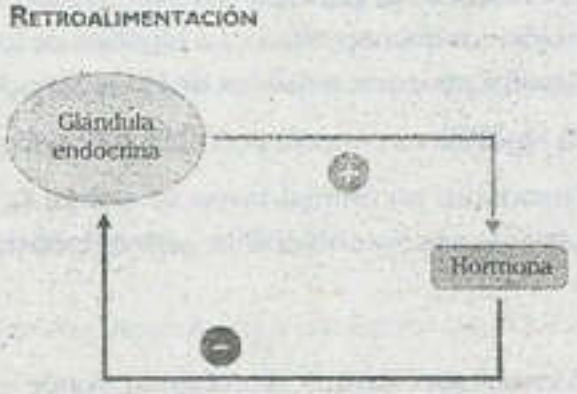


El hipotálamo controla al sistema endocrino mediante secreción hormonal.

En los reflejos neuroendocrinos se realiza fundamentalmente por retroalimentación negativa. Es decir, una hormona secretada por una ruta concreta o la respuesta o efecto de esta, modula la vía de tal modo que tiende a suprimir su propia producción.

Cuando la concentración de la hormona actúa directamente sobre el tejido endocrino para reducir su secreción, la retroalimentación es de bucle corto. Si la retroalimentación opera con principios similares, pero afectando a más elementos en serie de la ruta, el control es de bucle largo.

La retroalimentación positiva tan solo se da cuando se requiere una respuesta extremadamente rápida para desencadenar un proceso. Por ejemplo, un fuerte incremento de la hormona luteinizante para desencadenar la ovulación en vertebrados.



También hay hormonas cuya secreción es independiente del eje hipotalámico-hipofisario. Es el caso de la insulina, calcitonina, PTH, etc. Cuya secreción está mediada por los niveles del metabolito o mineral que regulan (glucosa, calcio, etc.).

Una señal interna o externa puede iniciar la cadena de eventos. Por ejemplo, un ruido intenso o el reloj biológico puede iniciar la liberación de CRH del hipotálamo, el cual estimula a la adenohipófisis la liberación de adrenocorticotropina (ACTH) y finaliza con la liberación de cortisol por la glándula suprarrenal.

7.2. HIPOTÁLAMO

Es una estructura nerviosa que forma parte del cerebro animal, se encuentra en todos los vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos); la función principal es servir de nexo entre el sistema nervioso y el sistema endocrino, gracias a la constitución de células neurosecretoras de hormonas. La agrupación de somas neuronales recibe el nombre de núcleos, especializados en formar determinadas hormonas.

El hipotálamo de los mamíferos se halla más organizado en la secreción hormonal, así tenemos:

- Núcleo supraóptico, cuyas células neurosecretoras forman la hormona antidiurética (ADH) o vasopresina (disminuye la excreción urinaria reabsorbiendo agua).
- Núcleo paraventricular que sintetiza la hormona oxitocina (contrae la musculatura uterina para la expulsión fetal en los mamíferos).

Otros núcleos hipotalámicos que secretan hormonas liberadoras e inhibidoras que tendrán efecto en los receptores de las células hipofisiarias:

- Hormona liberadora de tirotropina (TRH), secretada por gasterópodos, peces, anfibios, reptiles; aunque en estos poiquilotermos no estimula liberación de tirotrofina, pero sí lo hace en aves y mamíferos.
- Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), secretada por los vertebrados.
- Hormona liberadora de corticotropinas (CRH), secretada por teleósteos, urodelos, anuros, reptiles, aves y mamíferos.
- Hormona liberadora del crecimiento (GHRH), secretada por los vertebrados.
- Hormona liberadora de la prolactina (dopamina), secretada por teleósteos, anfibios, aves y mamíferos. Se desconoce en reptiles.
- Hormona inhibidora de hormona del crecimiento (GHIH).

Lumbreras Editores

7.3. HIPÓFISIS

Es considerada glándula maestra debido a su papel regulador de la mayor parte de los procesos biológicos del organismo. La hipófisis de los peces carece de sistema portal (vascular) hipotálamo-hipofisiario característicos de los tetrápodos.

La hipófisis se conecta con el hipotálamo por medio de un pedúnculo hipofisario.

Cuando en un animal joven se extirpa la hipófisis el crecimiento se detiene. Esta glándula está formada por neurohipófisis, adenohipófisis y lóbulo intermedio.

7.3.1. Neurohipófisis (de origen neural)

Considerado órgano neurohemal donde se recogen las secreciones hormonales sintetizadas en los núcleos hipotalámicos. En los peces, anfibios, reptiles y aves, se secreta vasotocina (precursor de ADH), que tiene efecto vasopresor (absorción de agua en riñon). La isotocina (peces) es precursora de la mesotocina (en anfibios, reptiles, aves) y esta a su vez es precursora de la oxitocina y vasopresina en mamíferos.

La secreción de esta glándula endocrina está controlada por hormonas liberadoras e inhibidoras del hipotálamo, que son secretadas por sus terminales nerviosos a los vasos portales que llevan las secreciones hasta la glándula (sistema portal hipotalámico-hipofisario). En términos funcionales las hormonas adenohipofisarias son las siguientes:

- GH (hormona de crecimiento)
- TSH (hormona estimulante del tiroides), actúa sobre la glándula tiroidea.
- ACTH (hormona adrenocorticotropina) con acción directa: actúan directamente sobre tejidos diana no endocrinos.
- LH (hormona luteinizante), actúa en los ovarios, estimulando fundamentalmente la ovulación.
- FSH (hormona estimulante de los folículos ováricos), produce desarrollo del ovocito y secreción de estrógenos.
- PRL (prolactina), estimula la formación de leche en los mamíferos y permite adaptación a la osmolaridad del medio en los peces y anfibios.

Localizado entre la hipófisis anterior y la posterior, produce una sola hormona: la intermedina. Esta hormona de escasa importancia actúa acentuando la pigmentación de la piel, que en mamíferos se les denomina MSH (hormona estimulante de los melanocitos).

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DE LA HIPÓFISIS DE LOS VERTEBRADOS

Grupo	Adenohipófisis				Neurohipófisis		
	PT	PD	PI	PV	EM	PV	SV
Condrictios		+	+	+	+	+	+
Osteictios		+	+		+	+	+
Anfibios	+	+	+		+	+	
Reptiles	+	X	+		+	+	
Aves	+	X			+	+	
Mamíferos	+	X	+		+	+	

Abreviaturas: PT = pars tuberalis, PD = pars distalis, PI = pars intermedia, EM = eminencia media, PN = pars nerviosa y SV = saccusvasculosus.

En muchos vertebrados, este lóbulo produce la hormona estimulante de los melanocitos. En reptiles y anfibios esta hormona estimula los cambios de color asociados con el camuflaje o con patrones de comportamiento como la agresión y el cortejo. En humanos, a la hormona estimulante de melanocitos (MSH) que estimula la secreción de melanina (da el color de la piel).

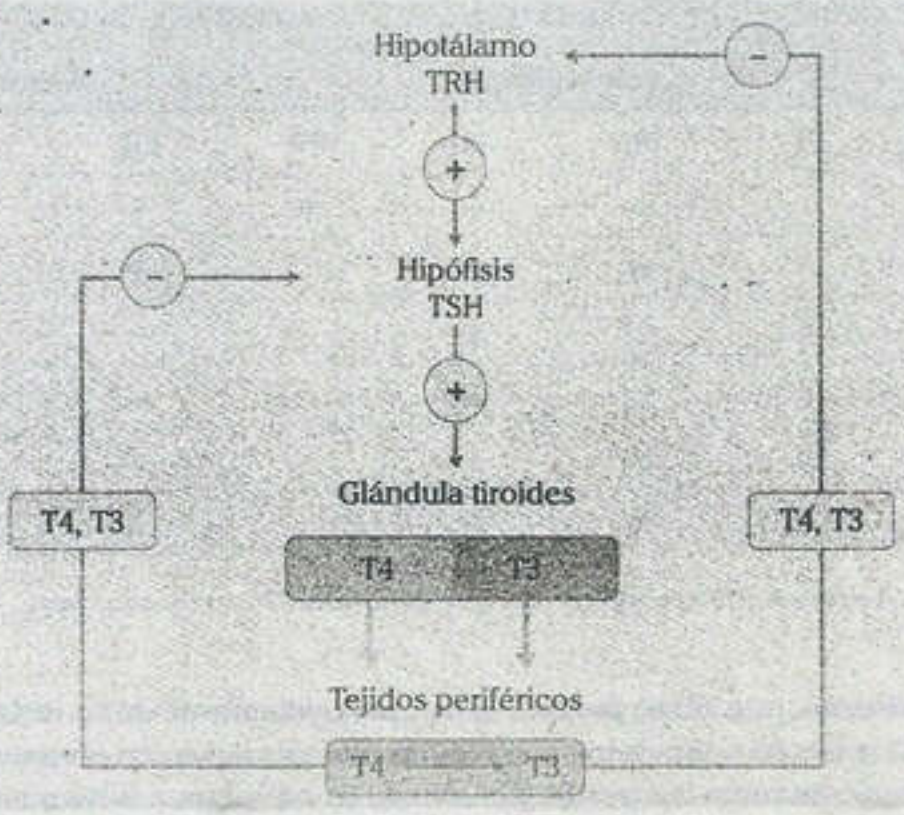
7.4. TIROIDES

Es homóloga al endostilo, que es una glándula secretora de moco en los cefalocordados y urocordados. El endostilo contiene yodo, hormonas tiroideas y sus precursores; asimismo, el tiroides de las lampreas adultas se desarrolla durante la metamorfosis del endostilo secretor de moco de las larvas. En los peces ya encontramos glándula tiroides como tal. Las glándulas requieren de yodo para formar hormonas tiroideas: la tiroxina (T4) y la triyodotironina (T3), cuyas funciones son las siguientes:

- Aumentar el consumo de oxígeno mediante la combustión de alimentos y, por lo tanto, incrementar la producción de energía (ATP) y efecto calorígeno.
- Estimular la tasa de actividad metabólica basal (síntesis y degradación de glúcidos, lípidos y proteínas).
- Regular el crecimiento y la maduración de los tejidos del organismo.
- Actuar sobre el estado de alerta físico y mental.
- Contribuir al crecimiento y desarrollo cerebral y corporal.

El tiroides también secreta a la hormona calcitonina, que disminuye los niveles de calcio en la sangre. Las hormonas tiroideas mantienen el "régimen" del motor del organismo. Cuando hay un exceso de producción de hormonas tiroideas, el organismo va "acelerado" (hipertiroidismo); pero cuando hay un déficit de producción el organismo va "lento" (hipotiroidismo); si está ausente en un recién nacido genera retardo mental (cretinismo).

MECANISMO DE *FEEDBACK* DE HORMONAS TIROIDEAS



El control de las hormonas tiroideas lo genera el hipotálamo.

7.5. GLÁNDULAS ADRENALES

Es un órgano endocrino constituido por tejido esteroidogénico (interrenal) y cromafín, distintos tanto por su origen embriológico como por su histología y fisiología. A partir de los teleósteos, los tejidos cromafines tienden a incrustarse en los tejidos esteroidogénicos adrenales y formar asociaciones morfológicas cada vez más complejas.

En los anfibios se presentan islotes en la superficie renal, con escasa relación entre los tejidos esteroidogénicos y cromafín; en los reptiles la glándula adrenal es pareada, compacta, independiente y capsulada; en cocodrilos y aves tiende a formar una corteza cromafínica; pero tiende a formar cordones cromafínicos que penetran hacia el centro de la glándula; en los mamíferos es una glándula suprarrenal que presenta una corteza esteroidogénica y una médula cromafín, que describiremos a continuación:

7.5.1. Medula suprarrenal

Relacionada con el sistema nervioso simpático, el cual se activa ante el peligro o para la captura de la presa del animal, generando la secreción del neurotransmisor noradrenalina que estimula a su vez la secreción de la hormona adrenalina, la que prolonga el efecto del neurotransmisor; además produce:

- Aumento de la actividad del corazón (taquicardia).
- Aumento de la presión con la intención de incrementar el transporte de oxígeno y glucosa hacia las células con el fin de responder eficientemente a situaciones de urgencia.
- Eleva los niveles de glucosa en sangre (hiperglucemia).

7.5.2. Corteza suprarrenal

Presenta células que tienen receptores para la hormona ACTH (de la adenohipófisis), hormona que estimula la secreción de cortisol, muy relacionada con el estrés del animal ante el peligro o para capturar su alimento. El cortisol refuerza las acciones de la adrenalina y noradrenalina así como incrementa el transporte de aminoácidos hacia las células hepáticas, eleva la cantidad de enzimas necesarias para convertir aminoácidos en glucosa, produciendo hiperglicemia; asimismo, encontramos en la corteza suprarrenal células sensibles a mantener el equilibrio de electrolitos (sodio, potasio) y agua en el organismo a través de la secreción de hormona aldosterona.

La aldosterona en animales como los peces condricties, regula el transporte de sodio a nivel de las glándulas rectales; en los osteíctios actúa en branquias e intestino, en los anfibios lo hace en la piel y vejiga urinaria, y en las aves y reptiles marinos actúa en glándulas de la sal.

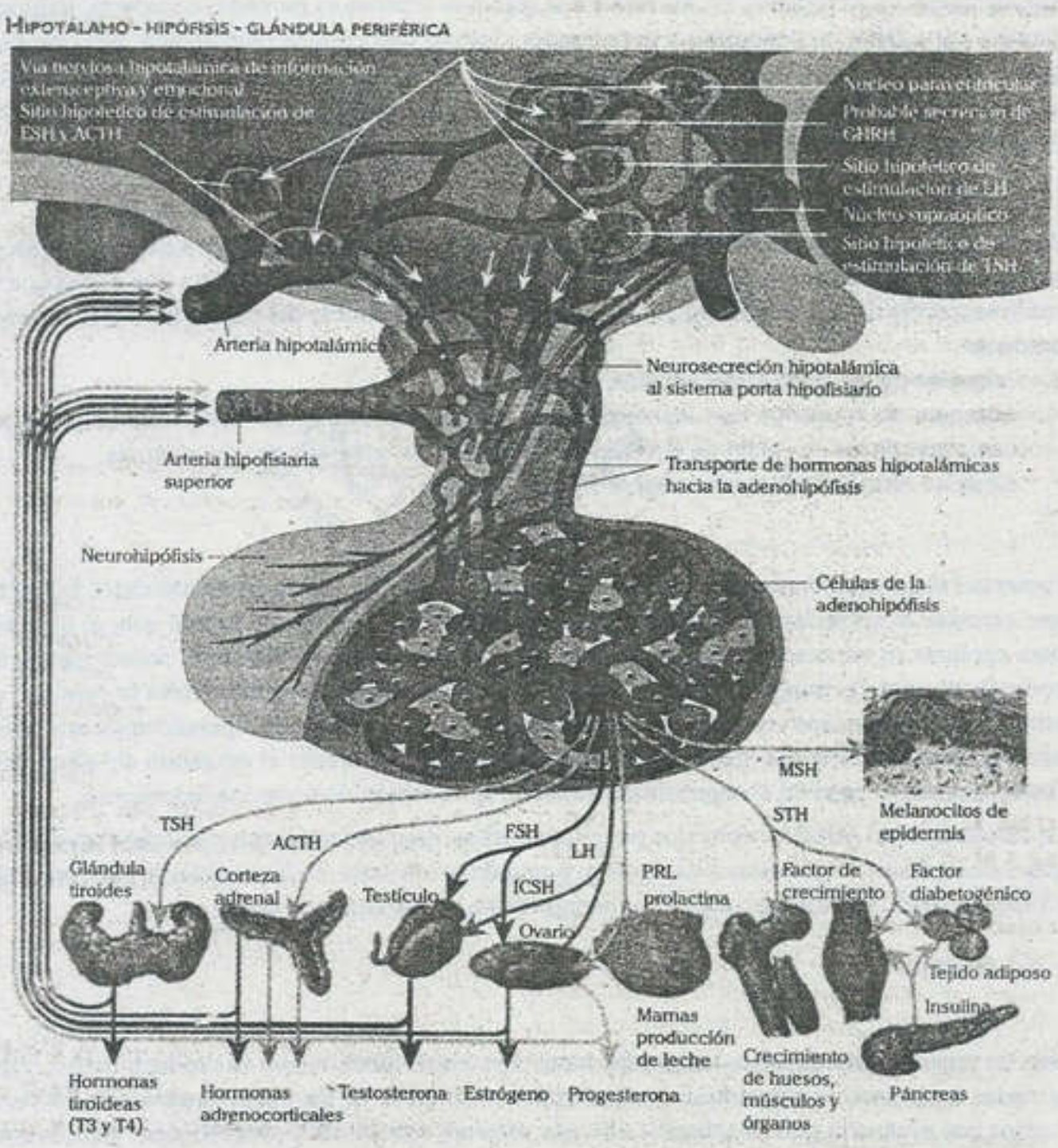
7.6. GÓNADAS

7.6.1. Ovarios

Son los órganos femeninos de la reproducción, cuyo papel fundamental es producir óvulos. Estas gónadas femeninas se encuentran desde *Phylum celentereos* de los invertebrados y en los vertebrados hay evidencia que las gónadas además secretan estrógenos y progesterona; estas hormonas femeninas son necesarias para el desarrollo de los órganos reproductores y de las características sexuales secundarias del animal.

Lumbreras Editores

Las gónadas masculinas o testículos se encuentran en los animales también desde el *Phylum celentereos*. Su función principal es producir a los gametos masculinos, que son los espermatozoides, y en los vertebrados produce a las hormonas masculinas, denominadas andrógenos. La más importante es la testosterona, que estimula el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios en los machos.



Las hormonas liberadoras del hipotálamo tienen su efecto de estimulación o inhibición en la glándula hipofisiaria y esta a su vez secreta hormonas que estimulan o inhiben glándulas periféricas.

7.7. GLÁNDULAS PARATIROIDES

Producen la hormona paratiroidea que interviene en la regulación de los niveles de calcio en la sangre. Los niveles de calcio son muy importantes en el organismo de los vertebrados, ya que pequeñas desviaciones pueden causar trastornos nerviosos y musculares.

La hormona paratiroidea estimula las siguientes funciones:

- La liberación de calcio hacia la sangre, producto de la destrucción de huesos.
- La absorción de calcio de los alimentos por medio de los intestinos.
- La conservación de calcio por medio de los riñones.
- La movilización del calcio es importante en aves y reptiles para la formación de la cáscara calcárea de los huevos, en mamíferos como los ciervos permiten la formación de una nueva cornamenta (cuernos), así como la tonicidad muscular y la resistencia de la osamenta (esqueleto de vertebrados).

7.8. PÁNCREAS

Es la glándula abdominal de los vertebrados cuya función es la secreción de jugo pancreático con un gran contenido de enzimas para la digestión y produce también una secreción hormonal interna a través de células del páncreas endocrino, denominado islotes de Langerhans.

7.8.1. Célula alfa

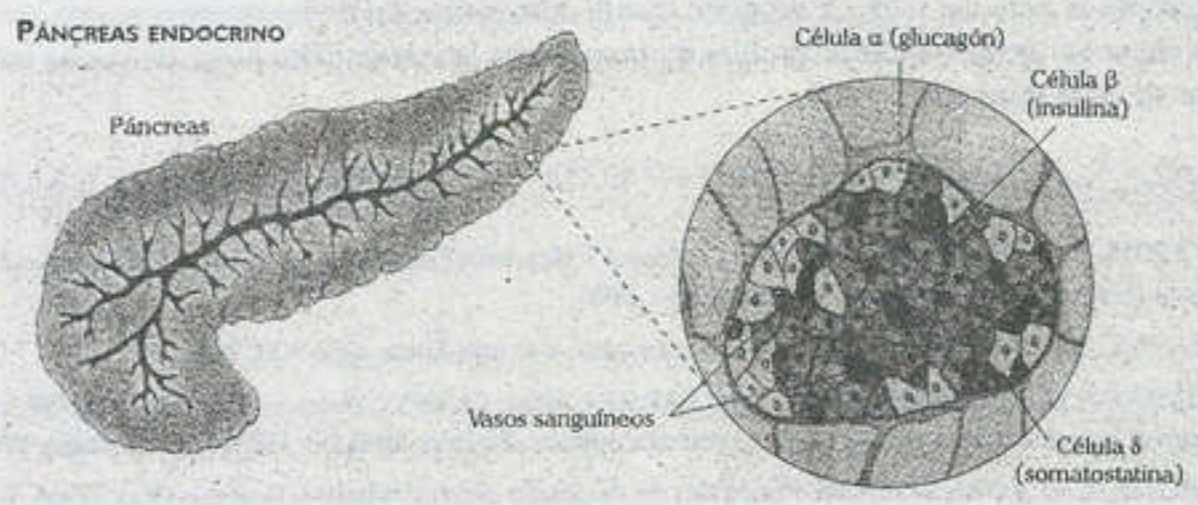
Secreta glucagón, aumenta de forma transitoria los niveles de azúcar en la sangre (hiperglicemia) mediante la liberación de glucosa procedente del hígado (glucogenólisis = destrucción de glucógeno y gluconeogénesis = transformación de proteínas y grasa a glucosa).

7.8.2. Célula beta

Secreta insulina, actúa sobre el metabolismo de los hidratos de carbono, proteínas y grasas, aumentando la tasa de utilización de la glucosa (disminución de glucosa sanguínea = hipoglicemia), glucogénesis (formación de glucógeno animal) y favoreciendo la formación de proteínas y el almacenamiento de grasas.

7.8.3. Célula delta

Secreta somatostatina que inhibe la secreción de insulina y glucagón.



Las hormonas del páncreas endocrino se regulan mediante los niveles de glucosa sanguínea.

Lumoreno Editores

Produce al polipéptido pancreático de 36 aminoácidos, su función es inhibir la secreción exocrina del páncreas; es decir, que el péptido cumple una función reguladora para el exceso de estímulo secretor sobre el páncreas. El polipéptido pancreático puede ser producido por tumores de las células de los islotes; se los ha encontrado en nivel alto en pacientes con gastrinomas e insulinomas.

DISTRIBUCIÓN DE LOS TIPOS CELULARES EN EL PÁNCREAS ENDOCRINO DE DISTINTOS VERTEBRADOS

Clase	Células A	Células B	Células D	Células PP
condrícties	+++	++++	+	+
osteícties	+++	++++	+	+
anfibios	+++	++++	+	+
reptiles	++++	++++	+	+
aves	+++++	+++	+	+
mamíferos	++	+++++	+	+

Es pequeña y está ubicada cerca del centro del cerebro en los seres humanos, mientras que en otros vertebrados se encuentra en una posición dorsal más superficial. En las aves y en algunos anfibios contiene células sensibles a la luz, por esta razón, a veces se le llama "tercer ojo". Esta glándula secreta la hormona melatonina en forma rítmica, con valores máximos durante la noche y una caída rápida durante las horas del día. La exposición de un organismo a la luz durante el ciclo de oscuridad interrumpe la producción de melatonina. El ritmo diario de la melatonina varía en forma estacional, con una producción mayor (y duración de la fase secretora) durante el invierno, que cae a niveles más bajos en el verano. Esta secreción provee un calendario biológico con el cual los animales de reproducción estacional sincronizan sus periodos de apareamiento y gestación.

En años recientes se ha comenzado a estudiar los efectos de la melatonina como una hormona capaz de mover las agujas del reloj biológico y actuar como cronobiótico, es decir, una sustancia que modifica la hora del reloj. Se propone que la administración de melatonina podría ser eficaz para acelerar los ajustes frente a cambios de hora, como los producidos luego de vuelos transmeridianos de larga duración.

Referencias bibliográficas

- CURTIS, E.; BARNES, Sue; SCHNECK, Adriana y Graciela FLORES. *Invitación a la Biología*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2006.
- FANJUL, ML. *Biología funcional de los animales*. Buenos Aires: siglo XXI, 2008.
- HICKMAN, Cleveland; ROBERTS, Larry; LARSON, Allan; l'ANSON, Helen y David EISENHOUR. *Principios integrales de zoología*. Decimotercera edición. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- MOYES, C. D. y P. M. SCHULTE. *Principios de fisiología animal*. Madrid: Pearson Educación, 2007.

Ritmos circadianos

Virtualmente todos los seres vivos, desde bacterias y algas unicelulares hasta las plantas superiores y mamíferos, muestran ritmos en sus procesos bioquímicos, fisiológicos y de comportamiento. Cuando estos procesos oscilan con una periodicidad cercana a las 24 horas en ausencia de claves externas (es decir, en condiciones ambientales constantes) se denominan circadianos (del latín "cerca de un día").

Se conoce con bastante detalle el mecanismo molecular que controla los ritmos circadianos, que en mamíferos se originan en un reloj biológico localizado en los núcleos supraquiasmáticos que se encuentran en el hipotálamo. El estudio comparado de la base genética de estos ritmos ha arrojado un resultado espectacular: los relojes de organismos tan alejados filogenéticamente como la mosca de la fruta, el hongo Neurospora y el ratón comparten un mecanismo virtualmente idéntico y, en algunos casos, una homología importante entre los genes fundamentales que regula el proceso.

La base del funcionamiento del reloj circadiano es un ciclo de retroalimentación negativa mediante el cual un gen inhibe su propia expresión. En moscas y ratones se han caracterizado varios genes incluidos por *per* (por *period*), *cry* (por *cryptochrome*), *tim* (por *timeless*) y *clock*, cuyas mutaciones producen organismos con ritmos de un periodo distinto de 24 horas o directamente arrítmicos. Cuando, por ejemplo, el gen *per* de la mosca *Dropophila* está ausente o es no funcional, las moscas pierden su ritmo circadiano.

La fisiología y el comportamiento humanos están notablemente afectados por ritmos. Es más probable que nazcamos entre las 3 y las 4 a.m. y que también fallezcamos a esas horas de la madrugada. Nuestra temperatura corporal fluctúa hasta 1 °C en el transcurso del día, para alcanzar un pico máximo hacia las 4 p.m. y uno mínimo a las 4 a.m. La tolerancia al alcohol es mayor, afortunadamente, cerca de las 5 de la tarde, mientras que la tolerancia al dolor es menor alrededor de las 6 de la tarde en la mayoría de las personas. La respiración, la frecuencia cardiaca y la excreción de potasio, calcio y sodio por la orina también varían con el momento del día. La secreción de varias hormonas sigue ritmos circadianos; los niveles de corticosteroides alcanza un pico entre las 4 y las 8 a.m., los niveles de hormona de crecimiento se elevan alrededor de 1 hora después de que se ha comenzado a dormir, mientras que el pico de prolactina ocurre alrededor de las 3 a.m.; la testosterona alcanza un pico a las 9 a.m. Estos ritmos diarios son afectados en diversas enfermedades, incluso en problemas psiquiátricos como la depresión.

CURTIS; Helena. *Invitación a la biología*. Página 195, 2006.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Las hormonas hidrosolubles se caracterizan por interaccionar con receptores de membrana para enviar mensajes hacia el interior de la célula; un ejemplo de hormona hidrosoluble

A) es la testosterona
B) son los estrógenos
C) es la ecdisona
D) es la adrenalina
E) es la triyodotironina

Resolución

Según su estructura química, las hormonas hidrosolubles pueden ser derivadas por:

- Aminoácidos: adrenalina, noradrenalina, dopamina, etcétera.
- Péptidos (3 a 40 aa): vasopresina.
- Proteínas (50 a 200 aa): insulina, hormona de crecimiento, etcétera.

Clave: D

Pregunta 2

Las hormonas liposolubles ....., un ejemplo de ellas ..... .

A) controlan la expresión génica - son los esteroides
B) tienen receptores de membrana - son los estrógenos
C) modifican función celular - son las catecolaminas
D) controlan expresión génica - son las hormonas polipeptídicas
E) tienen receptores intracelulares - es la insulina

Resolución

Las hormonas liposolubles controlan la expresión génica; es decir, actúan directamente a nivel del ADN celular.

Ejemplo de ellas tenemos en las hormonas esteroideas como ecdisoma, estrógenos, testosterona, cortisol, aldosterona, etc.; asimismo, tenemos a las hormonas tiroideas como triyodotironina, tetrayodotironina.

Clave: A

Pregunta 3

Las neuronas son células especializadas que en los animales se forman a partir del *Phylum celentereos*. ¿Cuál de los siguientes animales se caracteriza por presentar neuronas gigantes que le permiten movimientos toscos?

A) hidras B) tenias C) calamares
D) cangrejos E) insectos

Resolución

Los calamares tienen neuronas gigantes de primer, segundo y tercer orden, que les permite ejecutar movimientos toscos; pero un poco rápidos, de tal manera que pueden huir de sus depredadores.

Clave: C

Pregunta 4

¿A partir de qué *phylum* de animales encontramos por primera vez ganglio cerebral?

A) poríferos
B) celentéreos
C) platelmintos
D) nematodos
E) moluscos

Lumbreras Editores

Resolución

A partir de los platelmintos encontramos por primera vez ganglios cerebrales constituidos por agrupación de somas neuronales y que le determinan al animal una capacidad de memoria.

Pregunta 5

Las feromonas son captadas por los insectos a través de ..... y aquellos encargados de la cópula son denominados ..... .

A) patas - casta
B) antenas - sexuales
C) órgano de Johnson - social
D) boca - marcadores de pista
E) cerebro - alarma

Resolución

Las feromonas son captadas por los insectos a través de antenas y las feromonas encargadas de la cópula son las sexuales.

Pregunta 6

Son animales que tienen marcapaso neuronal.

A) peces agnatos
B) peces gnatostomados
C) tunicados
D) artrópodos
E) anfibios

Resolución

Los animales cordados que se caracterizan por presentar notocorda son de mayor complejidad que los invertebrados y presentan un corazón con marcapaso muscular; sin embargo, los invertebrados como los artrópodos tienen un marcapaso neuronal.

Pregunta 7

La hormona liberadora de tirotrofina (TRH) no se encuentra en

A) gasterópodos.
B) lagomorfos.
C) mamíferos.
D) peces agnatos.
E) poríferos.

Resolución

Los poríferos representan el primer *phylum* de los animales; son organismos pluricelulares donde cada célula trabaja en forma independiente pero en interacción con el resto de células del animal; sin embargo, no forman tejidos.

Pregunta 8

La hormona prolactina permite la adaptación de los peces a la osmolaridad del medio; sin embargo, en los anfibios la prolactina tiene un efecto inhibidor ..... y por tanto bloquea a la hormona ..... .

A) del crecimiento - de crecimiento
B) en la metamorfosis - tiroxina
C) del crecimiento - tirotrofina
D) en la metamorfosis - ecdisoma
E) del crecimiento - somatotrofina

Resolución

La prolactina inhibe la metamorfosis de renacuajo a adulto debido a que tiene efecto contrario a la tiroxina.

Lumbreras Editores

Pregunta 9

La paratohormona tiene un efecto hipercalcemiante (incrementa el calcio en la sangre). En los mamíferos, ¿cúal es la hormona antagónica?

A) tirotrofina
B) tiroxina
C) calcitonina
D) TSH
E) hormona liberadora de tirotrofina

Resolución

La hormona que tiene efecto contrario a la paratohormona es la calcitonina cuya función es hipocalcemiante (disminuye el calcio en sangre).

Pregunta 10

Todos los animales vertebrados presentan hipotálamo, órgano que sirve de nexo entre el sistema nervioso y el endocrino, y controla al sistema endocrino a través de varias hormonas entre las cuales tenemos a

A) la tirotrofina.
B) la prolactina.
C) la tiroxina.
D) la hormona liberadora de tirotrofina.
E) el cortisol.

Resolución

El hipotálamo secreta hormonas liberadoras que tendrán efecto en la adenohipofisis; entre estas tenemos a la hormona liberadora de tirotrofina, que estimula en la glándula hipofisiaria la liberación de la hormona tirotrofina (TSH), la que a su vez actuará en la glándula tiroidea liberando a la tiroxina.

Pregunta 11

En los insectos, ¿qué estructura es análoga a la glándula pituitaria de los vertebrados?

A) *Parsintercerebralis*
B) *Corpus allatum*
C) *Corpus cardiacum*
D) glándula protorácica
E) cerebro

Resolución

En los insectos la estructura análoga a la glándula pituitaria es el *Corpus allatum* que está formado por células endocrinas no neuronales que secretan a la hormona juvenil.

Pregunta 12

¿Cuál es el efecto de la insulina en los insectos?

A) remoción de glucógeno
B) regula función de músculos
C) estimula reservas en tejidos
D) remoción de proteínas
E) destrucción de reservas

Resolución

La insulina estimula reservas en tejidos de los insectos.

Pregunta 13

En los arácnidos, los órganos de Schneider tienen la función de regulación, excepto:

A) secreción hormonal.
B) muda.
C) madurez sexual.
D) función cardiaca.
E) cambio del exoesqueleto.

Resolución

La función cardiaca no es regulada por los órganos de Schneider sino por los órganos de Sokolow.

Pregunta 14

No corresponde a la función de la hormona vasotocina secretada por el hipotálamo de los peces.

A) reabsorción de agua
B) contracción del útero
C) desove
D) parto
E) crecimiento

Resolución

No corresponde el crecimiento en los peces, debido a que es regulado por la hormona de crecimiento.

Pregunta 15

La hormona tiroidea secretada por los reptiles tiene la función de

A) regular el metabolismo de calcio.
B) espermatogénesis.
C) crecimiento y muda.
D) desarrollo muscular.
E) maduración sexual.

Resolución

La hormona tiroidea tiene la función de crecimiento y muda; así como regular el metabolismo del oxígeno.

Pregunta 16

Durante el estado de cría en la aves la hormona es secretada por ambos sexos, la hormona ....., cuya función es producir una solución grasienta, proteínica, viscosa y blanca, que es almacenada en el buche y sirve de alimento a la cría.

A) tiroidea
B) vasotocina
C) de crecimiento
D) prolactina
E) cortisol

Resolución

Es la hormona prolactina que estimula la secreción de nutrientes para la cría, almacenados en el buche. Estos nutrientes también reciben el nombre de leche.

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. La vasotocina es una hormona antidiurética que se encuentra en los vertebrados, excepto en

A) peces.
B) anfibios.
C) reptiles.
D) aves.
E) mamíferos.

2. Es una hormona hidrosoluble que se encarga de absorber agua en los mamíferos.

A) aldosterona
B) vasopresina
C) cortisol
D) estriol
E) estradiol

3. ..... es una hormona liposoluble cuyo receptor se ubica en el citoplasma o núcleo; mientras que ..... es una hormona hidrosoluble cuyo receptor se encuentra en membrana celular.

A) La vasopresina - el cortisol
B) La aldosterona - el estriol
C) El estrógeno - la ADH
D) La adrenalina - el estrógeno
E) La prolactina - la insulina

4. Es la hormona encargada de producir la muda en el ciclo holometábolo de los insectos.

A) bursicona
B) eclosión
C) HPTT
D) ecdisona
E) neotenina

5. Es la hormona que estimula la muda en los crustáceos.

A) alfa ecdisona
B) beta ecdisona
C) bursicona
D) eclosión
E) HPTT

6. Hormona que regula la coloración epidérmica de los anfibios.

A) tiroxina B) prolactina
C) cromatina
D) intermedina E) ecdisona

7. Estimula el proceso de metamorfosis en anfibios.

A) ecdisona
B) hormona juvenil
C) cortisol
D) tiroxina
E) neotenina

8. Es la hormona que estimula la contracción uterina en las hembras de los mamíferos

A) prolactina B) oxitocina
C) testosterona
D) progesterona E) tiroxina

9. La hormona hipoglicemiante (disminuy la glucosa en sangre) en mamíferos es

A) hormona antidiurética.
B) hormona ecdisona.
C) neurohormona.
D) hormona insulina.
E) feromona.

Lumbreras Editores

10. La ecdisona es una hormona esteroidea que realiza la función de metamorfosis de forma completa en los(as)

A) gusanos.
B) imagos.
C) cresas.
D) medusas.
E) anémonas.

11. La hormona juvenil es sintetizada y liberada desde una zona cerebral llamada *corpus allata*; que son glándulas apareadas no neuronales análogas, en cierta medida, parecidas a la glándula pituitaria de los vertebrados, su función en adultos es

A) activar glándulas sexuales.
B) inhibir la metamorfosis.
C) estimular la muda.
D) provocar la eclosión de huevos.
E) controlar el reloj biológico.

12. Hormona en los insectos que promueve el desarrollo de la cutícula.

A) α-ecdisona
B) β-ecdisona
C) bursicona
D) juvenil
E) feromona

13. La prolactina es una hormona que estimula la producción de leche en los mamíferos, pero en los peces cumple la función de

A) activar la metamorfosis.
B) inhibir la metamorfosis.
C) adaptación a la osmolaridad del medio.
D) crecimiento.
E) reproducción.

14. La metamorfosis del renacuajo es regulada por una hormona denominada

A) GH. B) ICSH. C) FSH.
D) LH. E) T4.

15. Hormona que estimula el crecimiento de la larva.

A) ecdisona
B) neotenina
C) tiroxina
D) giberelina
E) auxina

16. Es la hormona que regula la aparición de melena en los leones.

A) tiroxina
B) prolactina
C) tetosterona
D) intermedina
E) progesterona

17. La hormona que estimula el proceso de espermatogénesis en mamíferos se denomina

A) ecdisona.
B) hormona juvenil.
C) cortisol.
D) androsterona.
E) testosterona.

18. En las hembras de las aves durante la oviposición, la contracción del oviducto es estimulado por

A) prolactina.
B) progesterona.
C) tiroxina.
D) mesotocina.
E) testosterona.

Lumbreras Editores

19. Es la hormona que controla la reabsorción de agua en la formación de la orina de los vertebrados dulce acuícolas.

A) feromona
B) neurohormona
C) hormona ecdisona
D) hormona antidiurética
E) hormona insulina

20. A nivel muscular, la hormona que permite liberar glucosa del glucógeno para obtener mayor energía frente a un peligro es

A) la testosterona.
B) la aldosterona.
C) el estradiol.
D) la adrenalina.
E) el cortisol.

21. Es la hormona precursora de la oxitocina y la secretan los peces.

A) isotecina
B) mesotocina
C) vasotocina
D) oxitocina
E) vasopresina

22. La hormona relacionada con la absorción de agua en peces, anfibios, reptiles y aves es

A) isotecina
B) mesotocina
C) vasotocina
D) oxitocina
E) vasopresina

23. El órgano encargado de producir a la hormona estimuladora de la muda en crustáceos es

A) el órgano X.
B) el órgano Y.
C) el *corpus allatum*.
D) el *corpus cardiacum*.
E) el órgano cerebral.

24. Las hormonas gonadotróficas de los cefalópodos son secretadas por

A) los ovarios.
B) el cráneo.
C) las glándulas ópticas.
D) el cerebro.
E) la hipófisis.

Lumbreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

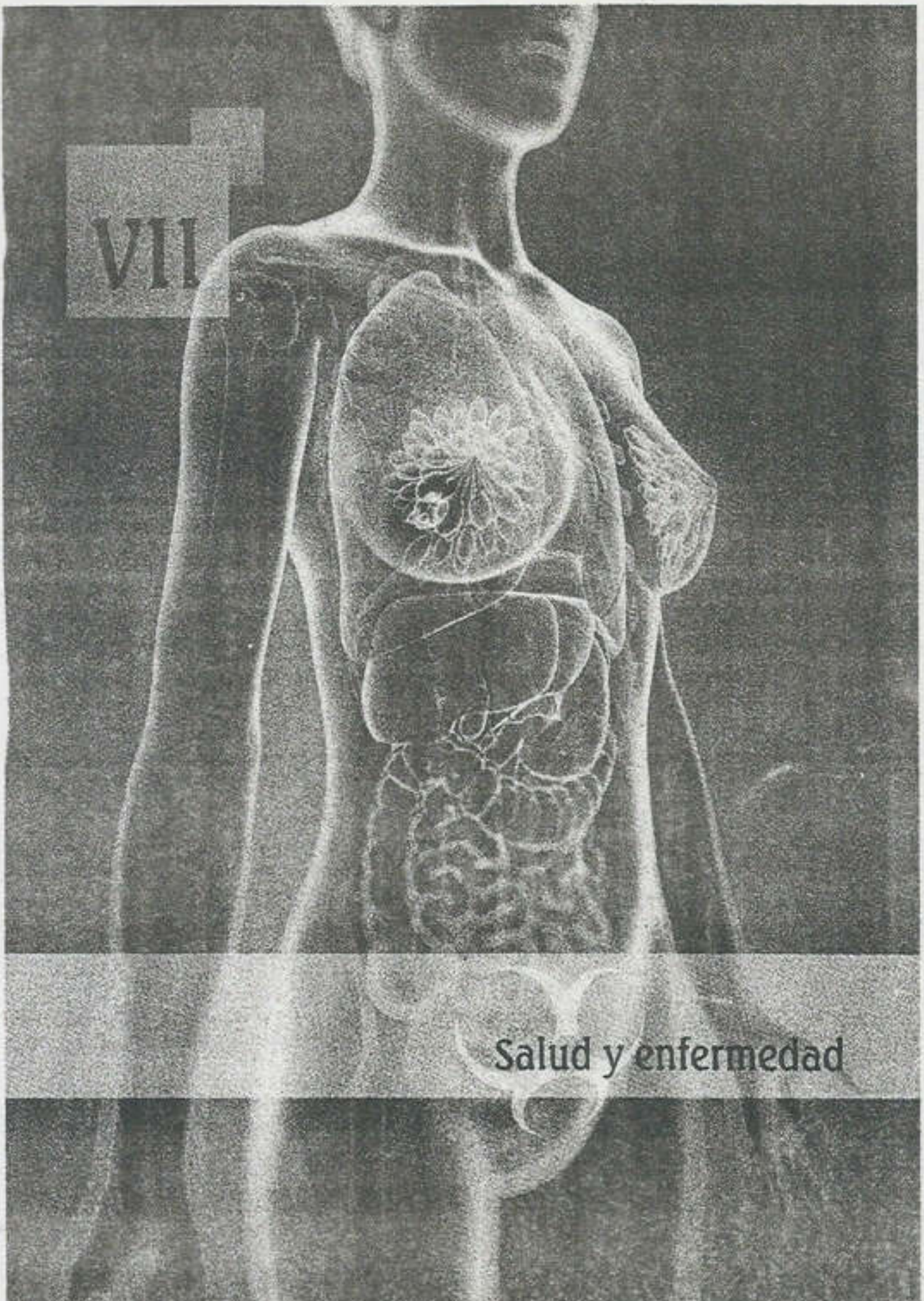
Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020


VII
Salud y enfermedad

twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO XXV

EPIDEMIOLOGÍA

Objetivos

- Comprender las causas materiales y su efecto sobre la salud de nuestro organismo.
- Comprender las distintas formas de transmisión de las enfermedades y conocer las medidas para prevenirlas.
- Relacionar la incidencia de las enfermedades con nuestra realidad social.

Introducción

La epidemiología es parte importante de la salud pública y considerada una disciplina científica que incorpora los métodos de la demografía y la estadística para realizar el estudio de la distribución, la frecuencia, los determinantes, las predicciones y el control de los factores relacionados con la salud y con las distintas enfermedades existentes en una población humana.

La epidemiología surgió del estudio de las epidemias de enfermedades infecciosas, destacando los siguientes aportes:

- G. Francastoro (1487-1573) sentó las bases de la epidemiología moderna en su obra *Sobre el contagio y las enfermedades contagiosas y su curación*, donde expone de forma resumida sus ideas sobre el contagio y las enfermedades transmisibles.
- John Snow (1813-1858) es considerado el precursor de la epidemiología contemporánea, ya que formuló la hipótesis de la transmisión del cólera por el agua y lo demostró confeccionando un mapa de Londres, en donde un reciente brote epidémico había matado más de 500 personas en un periodo de diez días. En dicho mapa mostraba que todas las muertes habían ocurrido en el área de origen del agua potable. Cuando se cambió el agua y comenzó a extraerse río arriba, de una zona menos contaminada, cedió la epidemia de cólera.
- Entre otros progresos muy importantes en el siglo XX, destaca la demostración de la relación causal entre fumar (tabaquismo) y el cáncer de pulmón.

1 ▸ Salud y enfermedad

1.1. SALUD

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud): "La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social del individuo y no solo la ausencia de enfermedad". Gozar de salud es por tanto estar bien en los tres niveles:

Físico

No tener ninguna enfermedad que limite el normal funcionamiento biológico de nuestro organismo.

Mental

Ser capaces de enfrentarnos a los retos de la vida.

Social

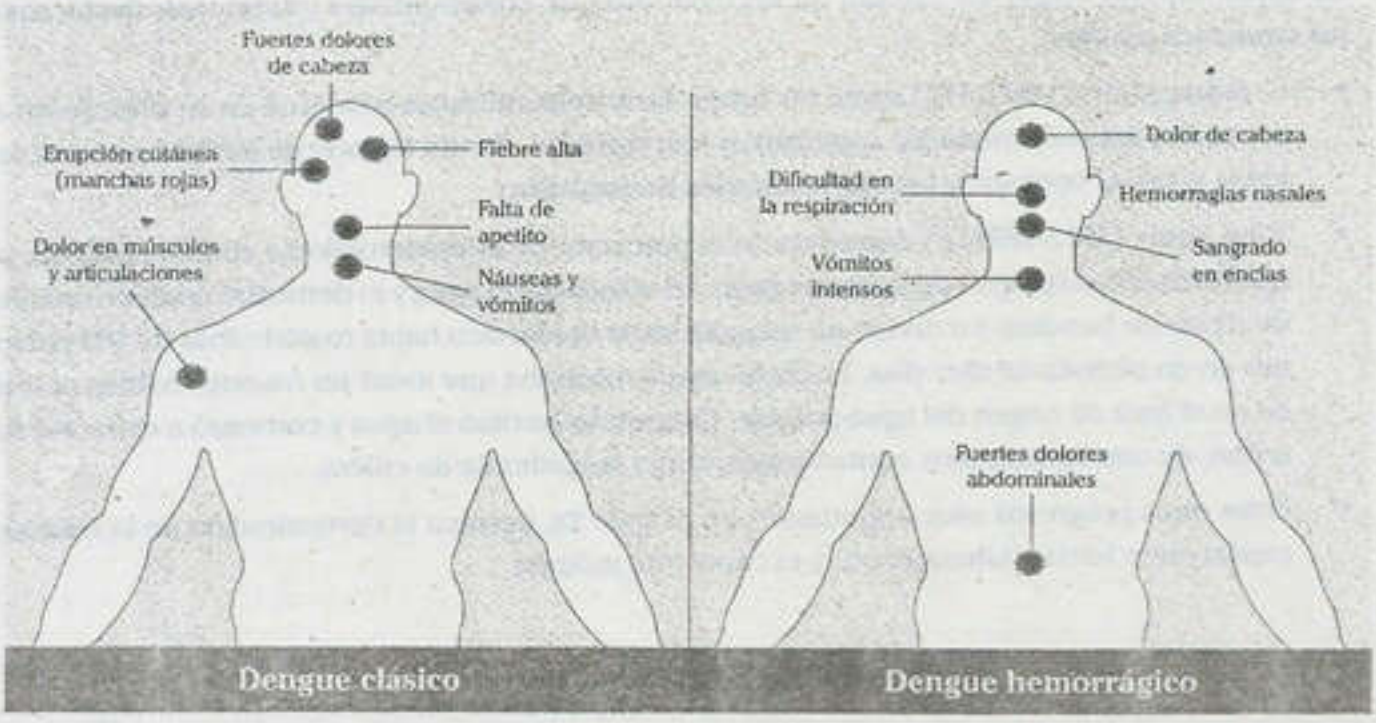
Gozar de una plena integración como persona en los colectivos que forman nuestra sociedad.

Asimismo, la calidad de vida es la búsqueda de esta armonía. Es también la satisfacción personal que produce el luchar por mejorar nuestras condiciones de vida.

1.2. ENFERMEDAD

Pérdida de la salud en una persona como consecuencia de una alteración estructural o funcional de un tejido u órgano corporal. Una enfermedad puede ser provocada por diversos factores tanto intrínsecos como extrínsecos al organismo enfermo.

Cada enfermedad posee un cuadro clínico o manifestaciones clínicas, con signos y síntomas característicos.



1.3. TRIADA EPIDEMIOLÓGICA

La epidemiología asume como causantes de enfermedad a un complejo proceso de interacciones de factores inherentes al agente, el huésped y el medioambiente. Un cambio en cualquiera de estos tres componentes alterará el equilibrio existente para aumentar o disminuir la frecuencia de la enfermedad, por lo tanto se pueden llamar factores causales o determinantes de la enfermedad.

1.3.1. Agente

Elemento vivo o inerte cuya presencia o ausencia puede desencadenar una enfermedad. Puede ser de naturaleza biológica, como los microorganismos infecciosos; físicos, como el frío y el calor; químicos, como las sustancias tóxicas; o psicológicos, como la angustia, el miedo y la frustración. Es necesaria su presencia para provocar una enfermedad, pero no necesariamente ocasiona un mal por sí sola.

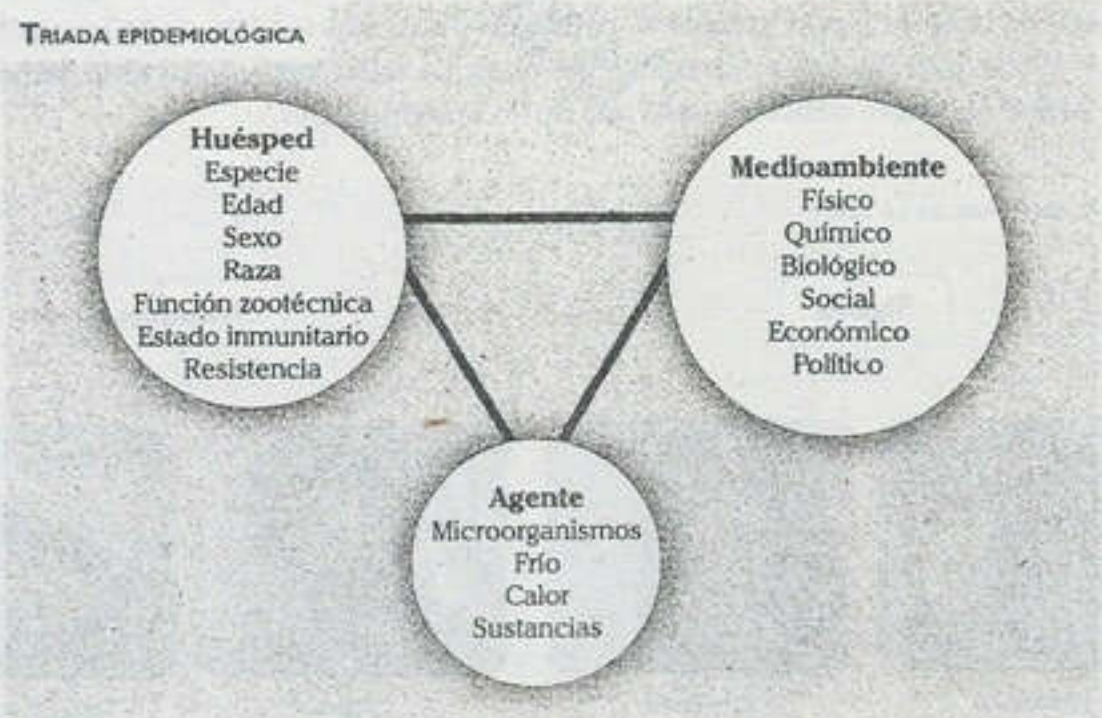
1.3.2. Huésped

Para que esta interacción culmine en una enfermedad, el huésped debe ser susceptible. La susceptibilidad del huésped está determinada por varios factores: la genética, la nutrición, el estado inmunológico y el estilo de vida.

1.3.3. Ambiente

Se refiere a las condiciones que rodean e influyen sobre al agente y al huésped sensible para el desarrollo de la enfermedad. Comprenden factores climáticos, biológicos, como la flora y fauna; psicológicos, como el ambiente familiar, laboral; económicos, como el ingreso económico; y sociales, como el nivel cultural, el educativo y la demografía.

TRIADA EPIDEMIOLÓGICA



1.4. ETIOLOGÍA Y PATOGENIA

La etiología o factor etiológico se refiere a la causa directa de una enfermedad, pueden ser muy evidentes en enfermedades infecciosas como la tuberculosis, o no ser muy claras en desórdenes psiquiátricos. Algunas enfermedades tienen una etiología múltiple, tales como la diabetes o la hipertensión arterial, entre otros.

A diferencia de los factores etiológicos, los factores desencadenantes no son la causa directa de la enfermedad, son las circunstancias o el contexto que favorecen el inicio de la enfermedad.

La patogenia de una enfermedad corresponde a los mecanismos alterados de la fisiología normal por acción del factor etiológico, y que permiten la manifestación de una enfermedad.

Para comprender cada enfermedad se describe su etiopatogenia, es decir, su etiología y su patogenia de manera conjunta.

1.5. CUADRO CLÍNICO

Llamado manifestación clínica o solo clínica de una enfermedad, comprende a los signos y síntomas que se presentan en los pacientes de una determinada enfermedad.

1.5.1. Síntomas

Son las manifestaciones subjetivas percibidas por el paciente. La declaración de los síntomas por el paciente se denomina la anamnesis de la enfermedad, y debido a su carácter subjetivo son poco fiables y su interpretación puede ser difícil. Aun así, su valor en el proceso diagnóstico es indudable. Entre los síntomas tenemos: dolor (cefalea, cólicos, etc.), prurito o escozor, debilidad, etcétera.

1.5.2. Signos clínicos

Son las manifestaciones externas y apreciables durante la exploración física del paciente. Se obtienen a partir de la observación, palpación, percusión y auscultación, etc. Entre los signos tenemos palidez, ictericia, pápulas, tos, estornudo, entre otros. La semiología clínica es la herramienta que permite definir el cuadro clínico de cada una de las enfermedades.

Lumbreras Editores

SIGNOS Y SÍNTOMAS DE LA GRIPE

El desarrollo de una enfermedad infecciosa es un proceso que se realiza en las siguientes etapas:

Llamado periodo de incubación en enfermedades infecciosas; es el tiempo que transcurre desde que los agentes patógenos invaden a un organismo, hasta la manifestación de los primeros síntomas de la enfermedad. En las enfermedades degenerativas se habla de periodo de latencia, por su lenta evolución, que puede durar meses o años.

Consta de una fase prodrómica con signos y síntomas generales, y una fase aguda con la aparición de signos y síntomas específicos, que permiten determinar la enfermedad que afecta al paciente y aplicar el tratamiento para recobrar su salud.

Es la etapa final de una enfermedad, ella desaparece, se vuelve crónica o el paciente fallece. La desaparición de la enfermedad manifiesta una fase de declive, donde los síntomas de la enfermedad van cediendo, iniciando una sensación de bienestar; y la fase de convalescencia, donde una vez eliminados los agentes patógenos, el organismo debe recobrar la salud perdida. Requiere reposo y nutrirse adecuadamente para evitar recaídas o nuevas infecciones. En este periodo el paciente recobra vigor y vuelve a la normalidad.

ESQUEMA DE LAS FASES DE UNA ENFERMEDAD

Es el proceso de identificación de una enfermedad, basado en el reconocimiento del cuadro clínico manifestado por el paciente. Muchas veces requiere de pruebas complementarias que brindan información adicional, tales como las pruebas de laboratorio (análisis de sangre, orina, etc.), técnicas de imagen (rayos X, tomografías, resonancia magnética, etc.), electrocardiograma, espirometría, tests psicológicos, entre otros.

1.8. TRATAMIENTO

También llamado terapia es el conjunto de medios cuya finalidad es la curación del paciente o el alivio de sus síntomas (tratamiento paliativo) para mejorar en lo posible su calidad de vida. El tratamiento puede ser higiénico, farmacológico, quirúrgico o físico.

1.9. PREVENCIÓN

Conocida también como profilaxis es el conjunto de medidas cuyo objetivo es anular o reducir los riesgos de desarrollar una enfermedad y así mejorar el estado de salud de las personas.

1.9.1. Prevención primaria

Es el conjunto de acciones sanitarias que se realizan tanto por la comunidad, los gobiernos o el personal sanitario, antes de que aparezca una determinada enfermedad. Se busca anular o reducir los factores de riesgo manteniendo el equilibrio de la triada epidemiológica, conservando la salud. Actúa en el periodo prepatogénico.

Promoción de la salud

Acciones sobre los individuos de una población, tales como campañas antitabaco para prevenir el cáncer de pulmón, cambios en la dieta, prescripción de ejercicios.

Protección de la salud

Acciones sobre el medioambiente como la sanidad ambiental (desratización, desinfección, potabilización del agua, eliminación de aguas residuales, control de vectores, etc.) e higiene alimentaria, y la inmunización.

Lumbreras Editores

1.9.2. Prevención secundaria

Consiste en el diagnóstico precoz de una enfermedad con el objetivo de detener pronto la evolución de la enfermedad; asociada a un tratamiento eficaz y oportuno, se debe lograr detener la progresión y propagación de la enfermedad, además de evitar complicaciones y secuelas. Está dirigido al periodo patogénico.

1.9.3. Prevención terciaria

Comprende aquellas medidas dirigidas al tratamiento y a la rehabilitación de una enfermedad con el objetivo de lograr el menor grado de incapacidad posible e intentando mejorar la calidad de vida de los pacientes.

2▸ INDICADORES DE SALUD

Cada uno de los aspectos relacionados con la salud de un individuo o de una población, que son usados en salud pública para evaluar el estado de salud de la población, la vigilancia epidemiológica, la planificación sanitaria y hasta qué punto han sido alcanzados los objetivos de determinados programas de salud. Entre los principales indicadores de salud destacan la esperanza de vida, la tasa de mortalidad, de morbilidad y la de incidencia.

2.1. ESPERANZA DE VIDA

Es el número promedio de años que espera vivir una persona de una población determinada, si se mantienen los actuales riesgos de muerte por edad. Refleja el nivel de salud, social, económico y sanitario de la población.

2.2. TASA DE MORTALIDAD

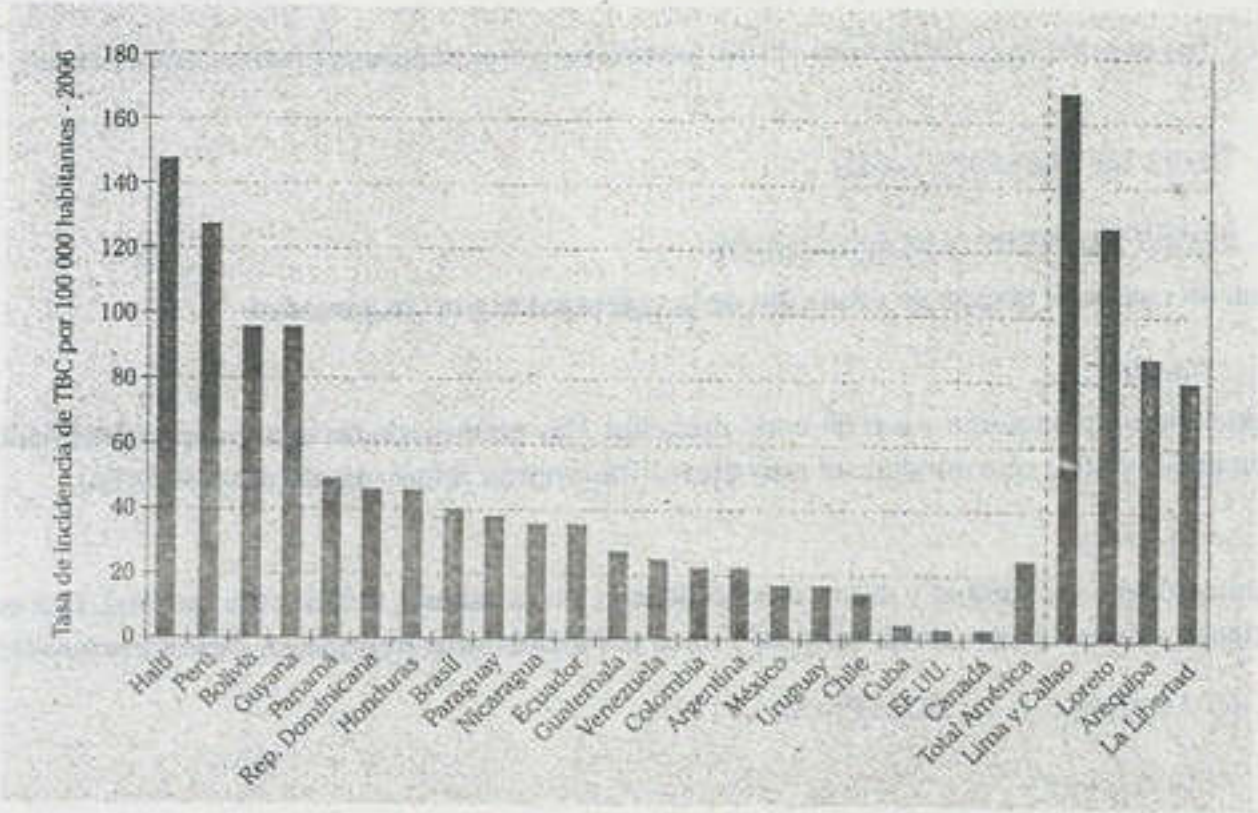
Proporción de personas fallecidas respecto al total de la población, usualmente expresada por cada mil personas. En los países menos desarrollados la tasa de mortalidad es más alta. Cuanta más esperanza de vida tenga una población, menor es su tasa de mortalidad. Existen tasas específicas de mortalidad para cada enfermedad. Así tenemos la tasa de mortalidad por tuberculosis en la ciudad de Lima.

2.3. TASA DE MORBILIDAD

Indica la cantidad de individuos enfermos en un espacio y tiempo determinado. Este dato estadístico es obtenido a partir de la información proporcionada por los servicios sanitarios y permite comprender la evolución o retroceso de alguna enfermedad, las razones de su surgimiento y las posibles soluciones.

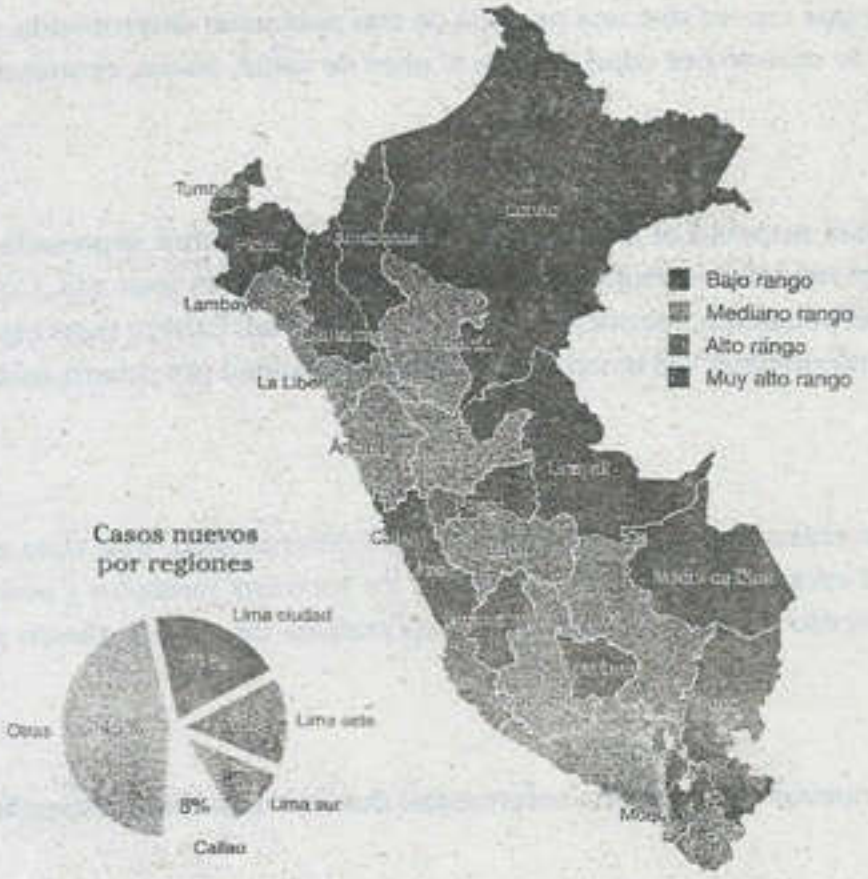
2.4. TASA DE INCIDENCIA

Frecuencia con que se agregan nuevos casos de una enfermedad durante un periodo específico y en un área determinada.



Tasa de incidencia de TBC común por cada 100 000 habitantes en América Latina

MAPA DE INCIDENCIA DE LA TUBERCULOSIS EN EL PERÚ



Tasa de incidencia	
Madre de Dios	130,7
Callao	119,9
Ucayali	110,2
Tacna	86,7
Loreto	84,3
Lima	84,1
Ica	57,3
Perú	55,0
Moquegua	47,0
La Libertad	45,3
Lambayeque	39,2
Junín	34,3
Arequipa	34,1
Áncash	34,1
Huánuco	32,3
Ayacucho	30,9
Cusco	30,4
San Martín	25,3
Tumbes	23,6
Pasco	22,7
Amazonas	19,8
Puno	18,3
Piura	14,5
Huancavelica	13,7
Apurímac	13,4
Cajamarca	7,6

Tasa de incidencia de TBC por cada 100 000 habitantes a nivel de las regiones en el Perú (Fuente: Minsa).

twitter.com/calapenshko

3. TIPOS DE ENFERMEDADES

3.1. SEGÚN SU TIEMPO DE EVOLUCIÓN

Toma en cuenta el tiempo de evolución de la enfermedad y no su gravedad.

3.1.1. Agudas

Evolucionan rápidamente y son de corta duración. Hay enfermedades agudas leves (resfriado común, gripe) y otras que pueden ser muy graves (neumonía, infarto agudo de miocardio).

3.1.2. Crónicas

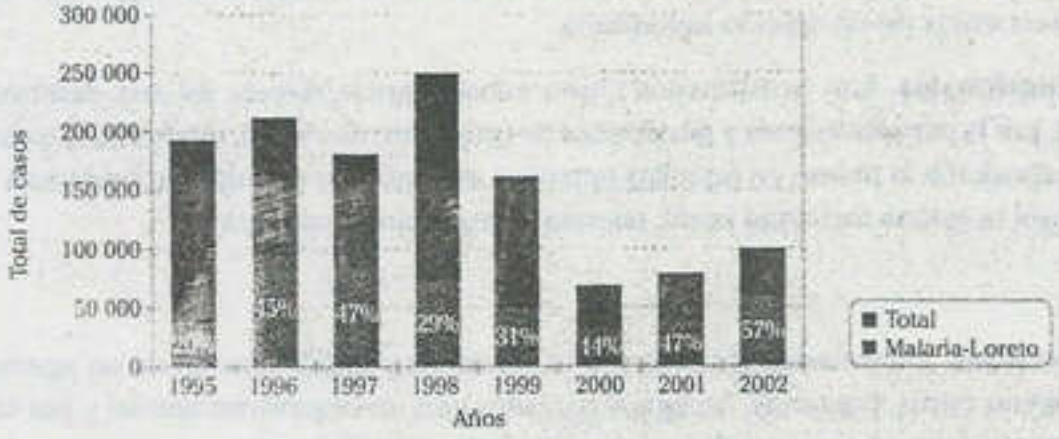
Se desarrollan con lentitud y duran mucho tiempo, en ocasiones toda la vida (artritis). Hay enfermedades crónicas leves (rinitis crónica) y otras potencialmente muy graves (arterioesclerosis).

3.2. DE ACUERDO A LA INCIDENCIA

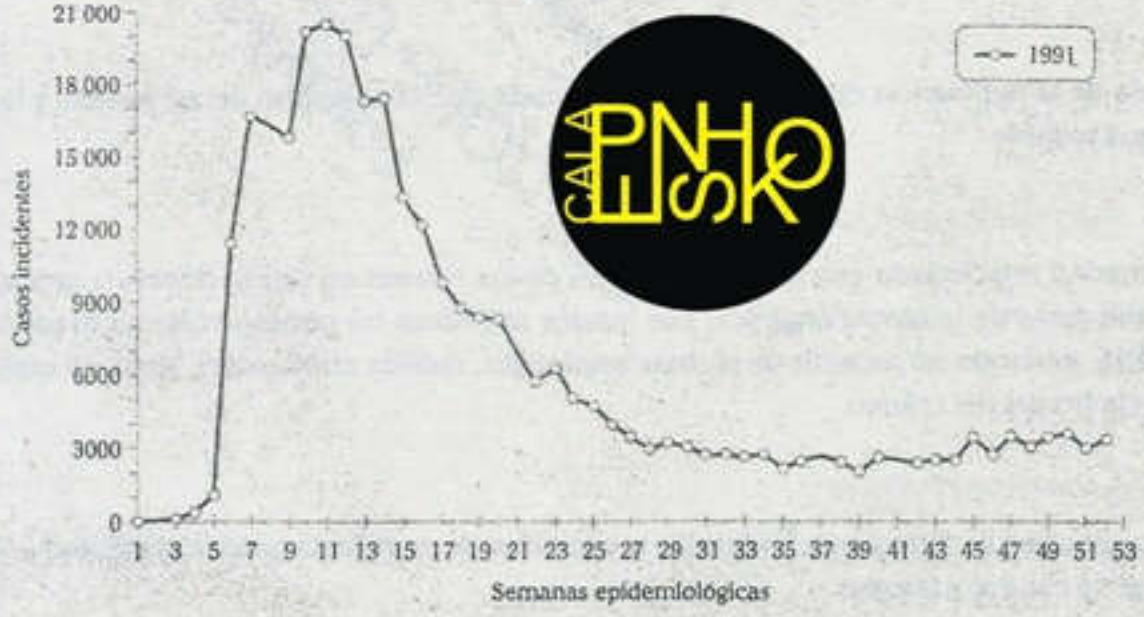
3.2.1. Esporádicas

Solamente se producen algunos casos en la población (derrames cerebrales).

Exclusivas de una región concreta, donde se registran casos de manera habitual (paludismo en zonas tropicales).



Atacan a gran número de personas en un periodo corto de tiempo. Si la epidemia afecta a muchos países, o incluso a todo el planeta, se denomina pandemia.



- **Nutricionales.** Alteraciones en el abastecimiento de nutrientes al organismo, o por su incapacidad de absorberlos. Comprende a la desnutrición y sobrenutrición.
- **Funcionales.** Mal funcionamiento de algún tejido, órgano o sistema de nuestro cuerpo.

- **Degenerativas.** Afección generalmente crónica, en la cual la función o la estructura de los tejidos u órganos afectados empeoran con el transcurso del tiempo.
- **Congénitas.** Una enfermedad congénita es aquella que se manifiesta desde el nacimiento, ya sea producida por un trastorno durante el desarrollo embrionario, durante el parto o como consecuencia de un defecto hereditario.
- **Ocupacionales.** Son ocasionados como consecuencia directa de una determinada ocupación, por la actuación lenta y persistente de un agente de riesgo, inherente al trabajo realizado. La exposición al plomo en aquellas personas que laboran en minería, soldadura y pintura con aerosol ocasiona toxicidad renal, anemia y neuropatía periférica.

2.2.2. Enfermedades transmisibles

- **Infecciosas.** Enfermedad causada por la presencia y multiplicación de un agente microbiano patógeno (virus, bacterias, hongos y parásitos) en un organismo animal y por la reacción en contra de este, en unas condiciones ambientales determinadas.

4. PRINCIPALES ENFERMEDADES NUTRICIONALES

4.1. DEFICIENCIA MINERAL

4.1.1. Bocio endémico

A causa de la deficiencia de yodo; se previene mediante el consumo de sal yodada y la yodación del agua potable.

4.1.2. Raquitismo mineral

Enfermedad relacionada con la malformación de los huesos en niños, debido a una mineralización deficiente de la matriz orgánica. Los huesos raquíticos no pueden sostener el peso y tensión ordinaria, tomando un aspecto de piernas arqueadas, rodillas confluentes, tórax en quilla y protuberancia frontal del cráneo.

4.1.3. Anemia ferropénica

Asintomática en su forma leve. En formas moderadas, se manifiesta palidez, debilidad o cansancio, dolores de cabeza y mareos.

4.2. DESNUTRICIÓN PROTEICA

twitter.com/calapenshko

4.2.1. Kwashiorkor

Abombamiento abdominal debido a la retención de líquidos en la cavidad abdominal por ausencia de proteínas en la sangre. La mortalidad puede ser alta y dejar secuelas a largo plazo como niños con talla corta y, en casos severos, desarrollo de retraso mental.

Lumbreras Editores

4.3. DESNUTRICIÓN CALÓRICA

4.3.1. Marasmo

Un niño con marasmo aparece escuálido, con el abdomen inflamado y su peso corporal puede reducirse hasta menos del 80% de su peso normal para su altura.

4.4. HIPOVITAMINOSIS

4.4.1. Xeroftalmia y Nictalopía

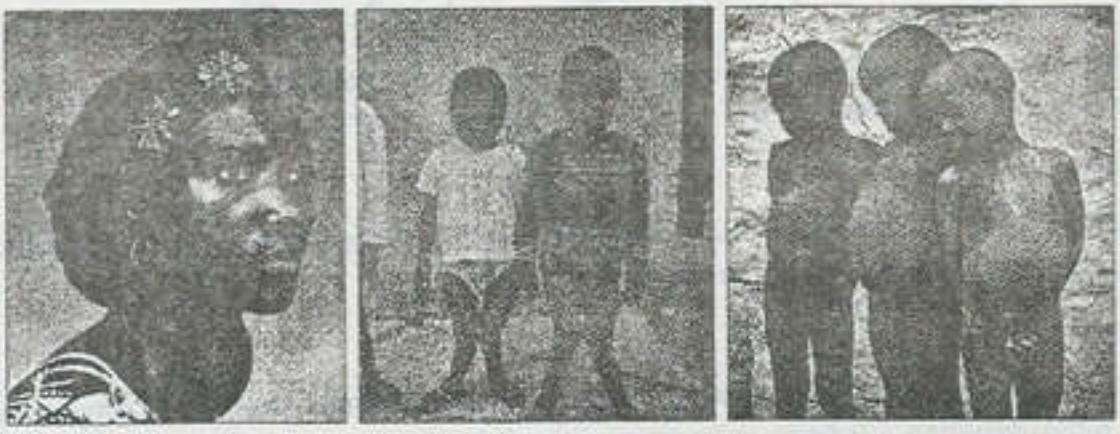
Deficiencia de vitamina A (retinol). Manifiesta debilidad de la regeneración de los epitelios, ceguera nocturna (pues provee de pigmentos visuales a la retina), también manifiesta xeroftalmia (conjuntivitis seca), alteración de la respuesta inmunológica y queratinización gingival.

4.4.2. Escorbuto

Deficiencia de vitamina C (ácido ascórbico). Manifiesta hinchazón en las encías, hemorragias y caída de los dientes, así como alteraciones óseas y sensibilidad a las infecciones. En estados avanzados de la enfermedad, las hemorragias se extienden a otros órganos y sobreviene la muerte.

4.4.3. Raquitismo vitamínico

Deficiencia de vitamina D (calciferol). Se caracteriza por calcificación insuficiente del esqueleto y dientes por una escasa absorción intestinal de calcio, y también de fósforo. Un signo claro de raquitismo es el arqueamiento de las piernas en los niños.



Bocio Raquitismo Kwashiorkor

4.4.4. Trastornos hemorrágicos

Deficiencia de vitamina K (filoquinona). Manifiesta disminución de la formación de protrombina, una proteína indispensable para la coagulación de la sangre.

4.4.5. Beri-beri

Deficiencia de vitamina B1 (tiamina). Producida por la alimentación a base de arroz descascarillado casi exclusivamente. Los síntomas más acusados son fatiga, pérdida de apetito, náuseas, vómitos, palpitaciones, taquicardias, hipotensión arterial, mareos, etc. En graves deficiencias de esta vitamina puede sobrevenir la muerte.

Deficiencia de vitamina B3 (niacina), caracterizada principalmente por dermatitis eritema rosado de la piel, trastornos digestivos (diarreas), debilidad general y alteraciones del sistema nervioso central con parálisis y demencia.

Deficiencia de vitamina B9 (ácido fólico), manifiesta deformaciones en la placenta que supondrían el aborto, defectos de nacimiento en el cerebro (anencefalia) y la columna vertebral (espina bífida) del bebé por mal cierre del tubo neural en los extremos cefálico y caudal, respectivamente. Si el feto sufre déficit de ácido fólico durante la gestación también puede padecer anemia megaloblástica.

Forma más grave del exceso de peso, disminuye la expectativa de vida, causa discapacidad, minusvalía. Sus efectos a nivel colectivo se han ido incrementando como efecto de los cambios en las costumbres sociales y alimentarias.

Secreción excesiva de hormonas. Comprende el gigantismo por exceso de hormona de crecimiento, la enfermedad de Cushing o por exceso de cortisol.

Deficiencia en la secreción hormonal. Comprende a la diabetes mellitus, por deficiencia de insulina; el cretinismo, por deficiencia de tiroxina, entre otros.

Incapacidad de un órgano para realizar sus funciones de forma adecuada. Comprende la insuficiencia renal, hepática, cardiaca, pulmonar, entre otros.

Comprende a los casos de hipersensibilidad, el cual es una reacción inmunitaria exacerbada que produce un cuadro patológico causando trastornos, incomodidad y, a veces, la muerte súbita. Se incluyen los diversos tipos de alergias y las enfermedades autoinmunes.

- En las alergias se reacciona frente a antígenos extraños que desencadenan la liberación de mediadores inflamatorios como la histamina.
- En las enfermedades autoinmunes, el sistema inmunitario ataca las células del propio organismo, en vez de protegerlas. Ejemplos: Lupus eritematoso sistémico, artritis reumatoide, tiroiditis de Hashimoto, anemia perniciosa, púrpura trombocitopénica, esclerosis múltiple, entre otros.

Lumbreras Editores

5.4. TRANSTORNOS METABÓLICOS

Alteraciones en algunas reacciones del metabolismo, principalmente por alteraciones enzimáticas, como la enfermedad de Pompe, por la incapacidad de degradar el glucógeno; la enfermedad de Tay-Sachs, por incapacidad de degradar glucolípidos, etc. La razón fundamentalmente es de carácter genético e incluso hereditario.

Cretinismo

Lupus eritematoso sistémico

Enfermedad de Pompe

6. ENFERMEDADES CONGÉNITAS

Entre las enfermedades congénitas más destacables, tenemos:

6.1. LABIO LEPORINO

Llamado fisura labial, consiste en una hendidura o separación en el labio superior, frecuentemente está acompañado de paladar hendido. Es uno de los defectos de nacimiento más frecuentes.

6.2. HIDROCEFALIA

Es un trastorno cuya principal característica es la acumulación excesiva de líquido cefalorraquídeo en el cerebro. Tiene como consecuencia una dilatación anormal de los espacios en el cerebro ocasionando una presión potencialmente perjudicial en los tejidos del cerebro, generalmente es producido por la obstrucción de los conductos por donde circula el líquido cefalorraquídeo.

6.3. ESPINA BÍFIDA

Es una malformación congénita en la que existe un cierre incompleto del tubo neural (al final del primer mes de vida embrionaria) y, posteriormente, el cierre incompleto de las últimas vértebras. La principal causa de la espina bífida es la deficiencia de ácido fólico en la madre durante los meses previos al embarazo y en los tres meses siguientes.

6.4. SÍNDROME DE DOWN

En la mayoría de los casos, el síndrome de Down ocurre cuando hay una copia extra del cromosoma 21. Esta forma de síndrome de Down se denomina trisomía 21. El cromosoma extra causa problemas con la forma como se desarrolla el cuerpo y el cerebro. El síndrome de Down es una de las causas más comunes de anomalías congénitas en los humanos.

Lumbreras Editores

6.5. SIRENOMELIA

También conocido como síndrome de sirena, la principal característica es la fusión de las piernas, dando la apariencia de la cola de una sirena. Usualmente es fatal a uno o dos días después del nacimiento, debido a complicaciones asociadas al desarrollo y funcionamiento del riñón y la vejiga urinaria.

Labio leporino | Síndrome de Down | Sirenomelia

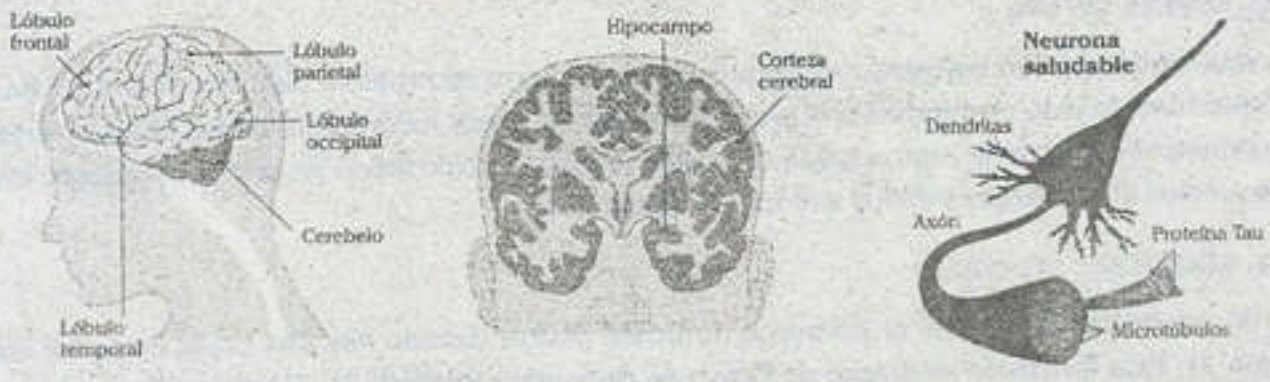
7 ▸ ENFERMEDADES DEGENERATIVAS

7.1. NEURODEGENERATIVAS

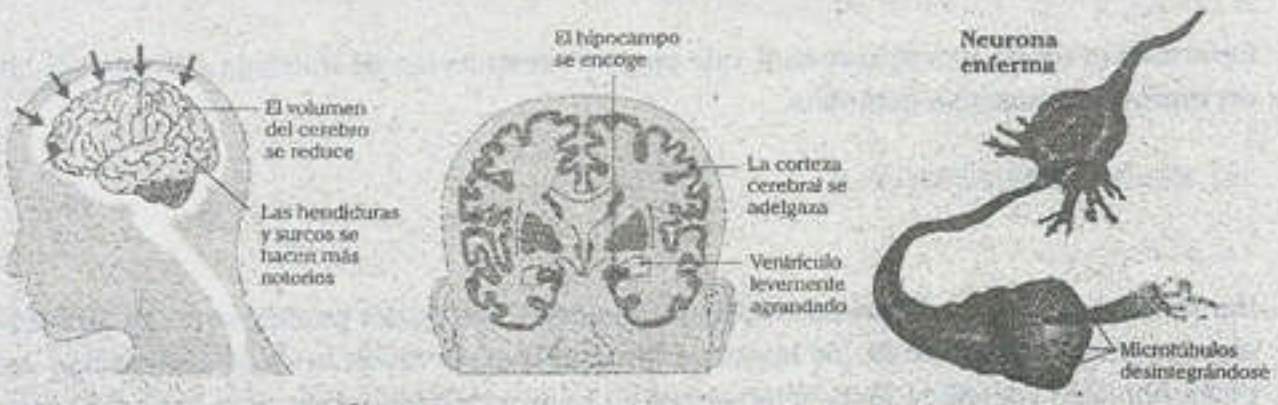
7.1.1. Mal de Alzheimer

Se manifiesta como deterioro cognitivo y trastornos conductuales. Se caracteriza en su forma típica por una pérdida de la memoria inmediata y de otras capacidades mentales, a medida qué las células nerviosas mueren y diferentes zonas del cerebro se atrofian. La enfermedad de Alzheimer es la forma más común de demencia, es incurable y terminal, que aparece con mayor frecuencia en personas mayores de 65 años de edad.

Cerebro de una persona saludable



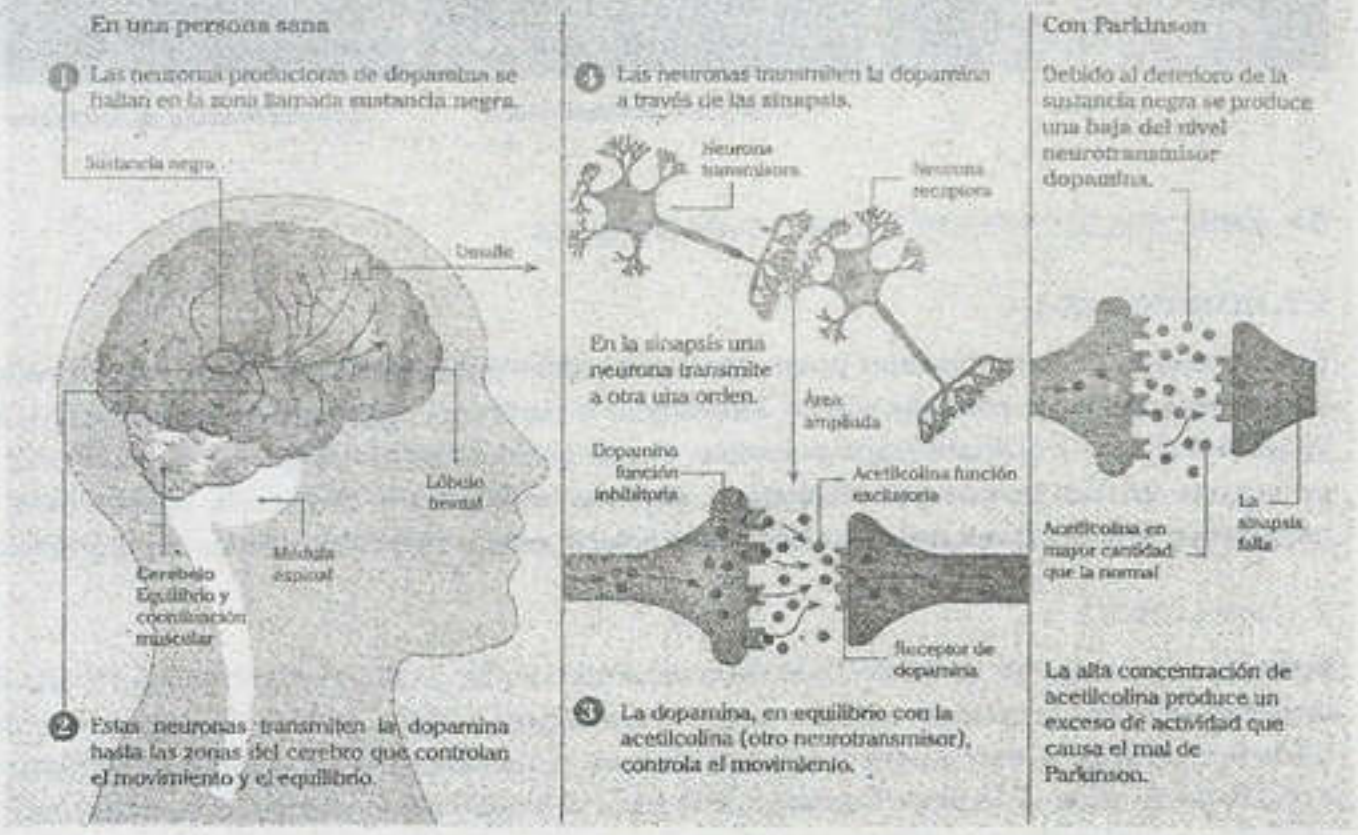
Cerebro de una persona con mal de Alzheimer



7.1.2. Mal de Parkinson

Trastorno crónico que conduce a una incapacidad progresiva, producido a consecuencia de la destrucción de las neuronas secretoras de dopamina que controlan los movimientos involuntarios. Además de trastornos del movimiento, también desencadena alteraciones en la función cognitiva, en la expresión de las emociones y en la función autónoma.

Cómo se origina la enfermedad



7.2. MIODEGENERATIVAS

7.2.1. Distrofia muscular de Duchenne

Enfermedad ligada al cromosoma X, que produce destrucción de músculo estriado, por alteración de la proteína muscular distrofina.

7.3. ARTRODEGENERATIVAS

7.3.1. Artrosis

Producida por el desgaste de los cartílagos articulares, los cuales participan como amortiguadores al proteger los extremos de los huesos y favorecen el movimiento de la articulación en rodilla, codo, hombros y nudillos. Es la enfermedad reumática más frecuente, especialmente entre personas de edad avanzada.

Artrosis

Esclerosis lateral amiotrófica

Distrofia muscular de Duchenne

8. PRINCIPALES ENFERMEDADES OCUPACIONALES

8.1. NEUMOCONIOSIS

Es un conjunto de enfermedades pulmonares producidas por la inhalación de polvo y la consecuente deposición de residuos sólidos inorgánicos o partículas orgánicas en los bronquios, los ganglios linfáticos y el parénquima pulmonar. Puede generar fibrosis progresiva del pulmón y limitaciones severas del proceso respiratorio. Algunos ejemplos son la silicosis, la asbestosis, la antracosis y otras fibras minerales. La silicosis es actualmente la más común de las neumoconiosis.

8.2. HIPOACUSIA

Inducida por el ruido, es la disminución de la capacidad auditiva de uno o ambos oídos, parcial o total, permanente y acumulativa, de tipo neurosensorial que se origina gradualmente como resultado de la exposición a niveles perjudiciales de ruido en el ambiente laboral, generalmente mayores a 85 decibeles durante un periodo grande de tiempo, debiendo diferenciarse del trauma acústico, el cual es considerado más como un accidente que como una verdadera enfermedad profesional.

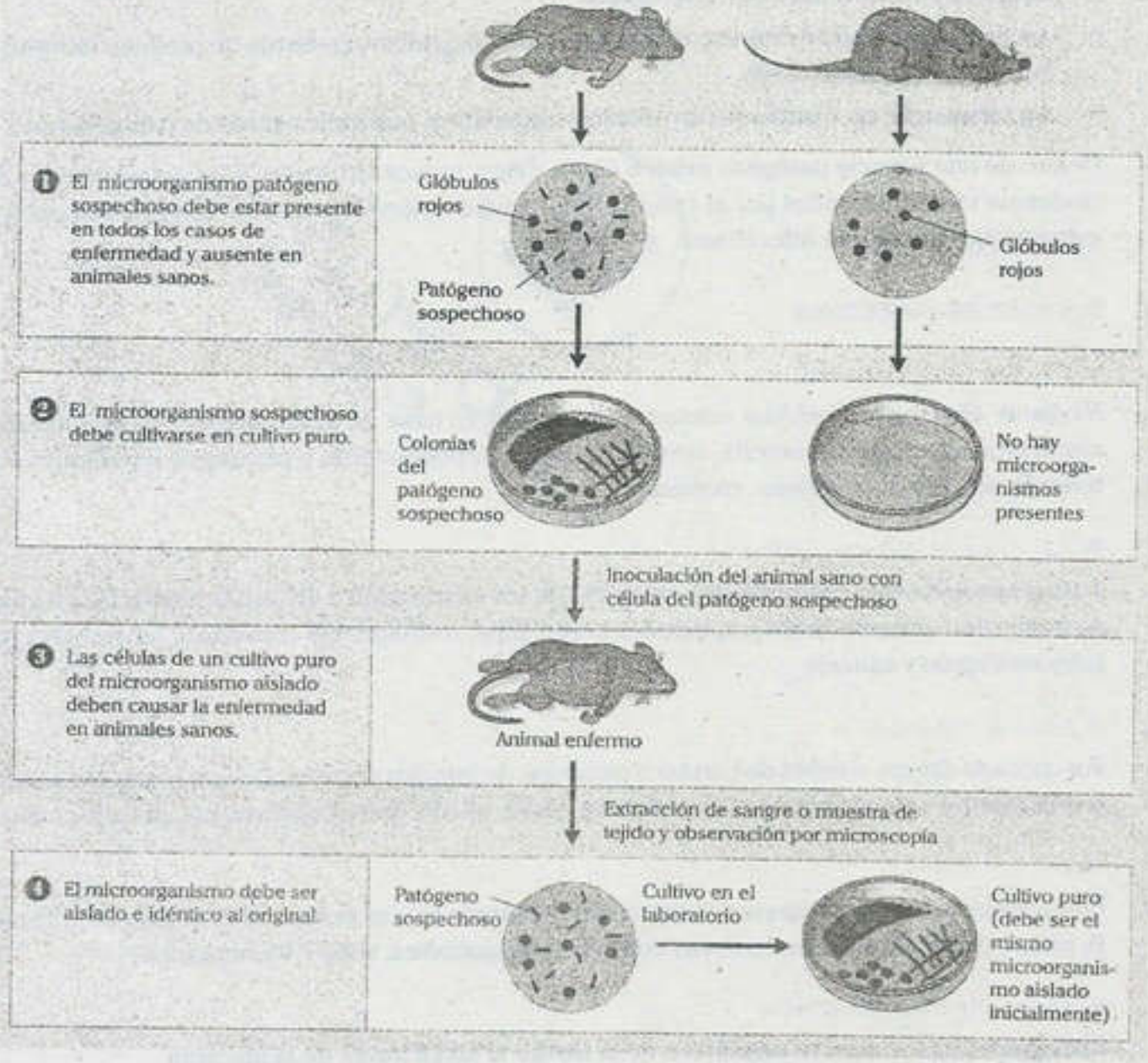
3. ENFERMEDADES INFECCIOSAS

Enfermedades causadas por la presencia y multiplicación de un agente microbiano patógeno (virus, bacterias, hongos y parásitos) en un organismo animal y por la reacción en contra de este, en unas condiciones ambientales determinadas.

3.1. TEORÍA MICROBIANA DE LA ENFERMEDAD

Robert Koch enunció sus ya famosos postulados en el curso de sus investigaciones sobre el carbunco, una enfermedad que se transmitía de forma frecuente al hombre desde el ganado lanar y vacuno. Los postulados tratan de los principios que rigen la etiología de las enfermedades infecciosas.

POSTULADOS DE KOCH



Koch publicó sus postulados por primera vez en el año 1882, en un artículo sobre la etiología de la tuberculosis. La publicación de estos postulados, junto con otros descubrimientos de sus contemporáneos, supuso una auténtica revolución para la comunidad científica y sobre todo para la nueva ciencia microbiológica. Entre las excepciones a los postulados de Koch tenemos aquellas bacterias que no pueden ser cultivadas en medios artificiales, tales como las clamidias y las rickettsias, parásitos intracelulares obligados.

9.2. AGENTES INFECCIOSOS

Agente biológico causante de una enfermedad, capaz de ser transferido de un organismo a otro, pueden ser virus, bacterias, hongos o parásitos. Un agente infeccioso posee las siguientes características.

- **La infectividad** de un microorganismo puede definirse como la capacidad que posee para adaptarse a vivir dentro del hospedador.
- **La patogenicidad** se define como la capacidad del microorganismo de producir enfermedad en el organismo infectado.
- **La virulencia**, en cambio, es un término cuantitativo, que indica grado de patogenicidad.

Dentro de una especie patógena existen cepas más o menos virulentas, y los determinantes de la virulencia vienen definidos por el conjunto de caracteres genéticos, bioquímicos y componentes estructurales del agente infeccioso.

9.3. VÍAS DE INFECCIÓN

9.3.1. Vía oral o digestiva

Mediante alimentos o bebidas contaminadas, tal es el caso de enfermedades gastrointestinales como tifoidea, cólera, disentería, también hepatitis A, poliomielitis y parasitosis intestinales como teniosis, amebiosis, oxiuriosis, etcétera.

9.3.2. Vía nasal o respiratoria

A través de aerosoles con microbios producto de tos y estornudo e incluso al hablar. De esta forma se transmiten enfermedades respiratorias como gripe, resfriado, tos convulsiva, tuberculosis, también sarampión y varicela.

9.3.3. Vía cutánea

Por contacto directo, a través de heridas o picaduras de insectos vectores. De esta forma se transmiten enfermedades como las micosis superficiales, sarna, tétano, ántrax, malaria, uta, dengue y rabia.

9.3.4. Vía sexual

Los agentes infecciosos ingresan al organismo mediante el acto sexual, tal es el caso de la hepatitis B, sida, o de enfermedades venéreas como herpes, gonorrea, sífilis y trichomoniosis.

9.3.5. Vía transplacentaria

Los agentes infecciosos se transfieren de la madre al hijo a través de la placenta.

Se produce por contacto físico con un hospedero infectado o con las secreciones o excreciones emitidas por él (aerosoles, semen, orina, heces). Requiere un contacto estrecho entre individuos. A su vez este contagio puede ser por vía oral, respiratoria, venérea o genital, cutánea o conjuntival.

Implica una separación en el espacio y en el tiempo, entre la fuente de infección y el hospedador susceptible, requiriendo pues la intervención de un intermediario físico (vehículos) vivo (vector) o inanimado (fómite).

Animales, generalmente insectos, que sin padecer la enfermedad, introducen el microorganismo patógeno en un organismo sano.

Cuando el agente patógeno es transportado mecánicamente por el vector. Ejemplo: mosca (*Musca doméstica*), cucaracha (*Periplaneta americana*).

Cuando el agente patógeno realiza parte de su ciclo de vida al interior del vector.

Entre los principales vectores biológicos, destacan:

Zancudo	*Anopheles sp.*	Paludismo o malaria
Titira	*Lutzomyia sp.*	Uta y mal de la Oroya
Aedes	*Aedes aegypti*	Dengue, fiebre amarilla
Chinche	*Triatoma infestans*	Mal de Chagas

EL MOSQUITO TRANSMISOR: *AEDES AEGYPTI*

Alimentos y bebidas: aprovechan el proceso biológico de la ingestión para incorporan virus, bacterias, quistes o huevos del agente patógeno.

Objetos inanimados que contaminados con agentes patógenos viables pueden transmitir el patógeno al hospedero.

9.5. ZOONOSIS

Se denominaba zoonosis inicialmente a las enfermedades que se transmitían de animales vertebrados al hombre y viceversa; actualmente se reconoce como zoonosis a los procesos contagiosos en cuyo ciclo biológico existe alguna relación hombre-animal, sea de forma directa o indirecta. Puede ser:

Enfermedad transmitida directa o indirectamente desde el animal infectado al hombre. Ejemplo: rabia, tuberculosis, brucelosis.

El agente causal no solo está presente en el hospedero, sino que también cumple parte de su ciclo vital en un reservorio extraanimal (materia orgánica, suelo, plantas). Ejemplo: botulismo, tétanos, micosis.

El agente causal necesita más de una especie animal (vertebrado) para completar su ciclo biológico. Como ejemplo las helmintosis (equinococosis).

En este caso el agente necesita además de una especie de animal vertebrado, un vector invertebrado específico, donde se multiplica y desarrolla. Ejemplo: ricketsiosis, leishmaniosis.

Lumbreras Editores

Referencias bibliográficas

- BONITA, Ruth; BEAGLEHOLE, Robert y Tord KJELLSTRÖM. *Epidemiología básica*. Segunda edición. Washington: Organización Panamericana de la Salud, 2008.
- MADIGAN, Michael T.; MARTINKO, John M. y Jack PARKER. *Brock, biología de los microorganismos*. Madrid: Pearson educación, 2003.

Neumonía y diarrea son las principales causas de muerte infantil en el mundo

La neumonía y la diarrea son las dos principales causas de muerte infantil en el mundo, especialmente entre los pobres, de acuerdo a un informe del Fondo de Naciones Unidas para la Infancia (Unicef). El organismo dijo que estas dos enfermedades causan el fallecimiento de más de dos millones de niños al año, lo que representa 29 % de las muertes de niños menores de cinco años en todo el mundo, pero algunas intervenciones sencillas podrían salvar muchas vidas.

Las intervenciones incluyen la vacunación contra las principales causas de neumonía y diarrea, el fomento de la lactancia infantil, la mejora del acceso al agua potable y el saneamiento, así como la disposición de antibióticos contra la neumonía y soluciones para la rehidratación ante una diarrea.

"Estimaciones basadas en modelos sugieren que para el 2015 más de dos millones de muertes infantiles por neumonía y diarrea podrían evitarse en los 75 países con la mayor carga de mortalidad". Esto sería posible si las principales intervenciones contra la neumonía y la diarrea alcanzaran cobertura nacional al nivel del que recibe el 20 % de los hogares más ricos en cada país, agregó.

Cerca de la mitad de las muertes infantiles en el mundo por diarrea o neumonía ocurren en cinco naciones: India, Nigeria, República Democrática del Congo, Pakistán y Etiopía, remarca el informe.

Unicef señaló que, a pesar de que en los estados más pobres hay algunos avances en la oferta de vacunas contra el Haemophilus influenza tipo b y el rotavirus, así como de vacunas antineumocócicas conjugadas, son necesarios más esfuerzos. La falta de agua es otro obstáculo fundamental, ya que existen 783 millones de personas en el mundo que no acceden a este líquido y 2500 millones no tienen saneamiento.

"Casi el 90 % de las muertes por diarrea a nivel mundial se han atribuido a la insalubridad del agua, al saneamiento inadecuado y a la falta de higiene", dice el informe. "El lavado de manos con agua y jabón, en particular, es una de las intervenciones de salud más costo-efectivas para reducir la incidencia tanto de la neumonía infantil como de la diarrea", agrega.

La neumonía causa el 18 % de las muertes infantiles en todo el mundo cada año, mientras la diarrea está relacionada con el 11 %. En contraste, el sida es responsable del 2 % de las muertes infantiles mundiales, y la malaria del 7 %, según el estudio.

http://peru21.pe/2012/06/08/mundo/neumonia-y-diarrea-son-principales-causas-muerte-infantil-2027882

Preguntas resueltas

Pregunta 1

De acuerdo con la OMS, cuando decimos que una persona se encuentra disfrutando de un estado armonioso físico, mental y social nos estamos refiriendo a

A) sustentabilidad.
B) bienestar.
C) desarrollo.
D) salud.
E) equilibrio.

Resolución

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud): "La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social del individuo y no solo la ausencia de enfermedad". Gozar de salud es por tanto estar bien en los tres niveles.

Clave: D

Pregunta 2

El raquitismo y la diabetes son enfermedades de tipo ..... y ....., respectivamente.

A) degenerativa - ocupacional
B) funcional - carencial
C) ocupacional - carencial
D) carencial - funcional
E) carencial - degenerativa

Resolución

El raquitismo es una enfermedad nutricional carencial, causada por una deficiencia de calcio en el organismo, debido fundamentalmente a una deficiencia en su ingestión. Está relacionada con la malformación de los huesos en niños, debido a una mineralización deficiente de la matriz orgánica. Los huesos raquíticos no pueden sostener el peso y tensión ordinaria, que generan piernas arqueadas, rodillas confluentes, tórax en quilla y protuberancia frontal del cráneo.

La diabetes es una enfermedad funcional del páncreas, se manifiesta con un aumento de los niveles de glucosa sanguínea. La diabetes mellitus tipo I se debe a deficiencia en la secreción de hormona insulina, y la diabetes mellitus tipo II se debe a la alteración de los receptores para la insulina.

Clave: D

Pregunta 3

Forma indirecta de transmisión de patógenos.

A) transfusión sanguínea
B) estornudo
C) contacto físico
D) gotitas de saliva por tos
E) picadura de mosquitos

Resolución

La forma indirecta de transmisión de patógenos implica una separación en el espacio y en el tiempo, entre la fuente de infección y el hospedador susceptible, requiriendo la intervención de vehículos (alimentos y bebidas), fómites (objetos inanimados) y vectores (insectos).

Los mosquitos pueden ser vectores biológicos de enfermedades como paludismo, dengue, fiebre amarilla, mal de Carrión, etcétera.

Clave: E

Lumbreras Editores

Pregunta 4

La etapa del proceso infeccioso que transcurre entre el contacto de una persona sana con el agente infeccioso hasta la aparición de los primeros signos y síntomas de la enfermedad se denomina

A) fase de convalescencia.
B) periodo de incubación.
C) fase inmunitaria.
D) fase de desarrollo.
E) fase infecciosa.

Resolución

El desarrollo de una enfermedad infecciosa es un proceso que se realiza en etapas: incubación, desarrollo y convalescencia.

El tiempo que transcurre desde que los agentes patógenos invaden a un organismo, hasta la manifestación de los primeros síntomas de la enfermedad, se denomina periodo de incubación o periodo subclínico de la enfermedad.

Clave B

Pregunta 5

La teoría microbiana de la enfermedad fue propuesta por

A) Louis Pasteur.
B) John Lister.
C) Thomas Morgan.
D) Charles Darwin.
E) Robert Koch.

Resolución

Robert Koch enunció la teoría microbiana de la enfermedad, al investigar sobre el carbunco, una enfermedad que se transmitía de forma frecuente al hombre desde ovinos y vacunos. Los postulados tratan de los principios que rigen la etiología de las enfermedades infecciosas.

- Los microorganismos debe aislarse siempre de animales enfermos y nunca de animales sanos.
- Los microorganismos aislados deben ser cultivables en condiciones de laboratorio.
- Si los microorganismos se inoculan a otro individuo sano, debe reproducirse la enfermedad.
- El microorganismo debe ser aislado y cultivado a partir de los animales enfermos.

Clave E

Pregunta 6

La vía de entrada del virus de la poliomielitis es

A) sanguínea.
B) cutánea.
C) digestiva.
D) sexual.
E) respiratoria.

Resolución

Se transmite de persona a persona principalmente a través de la vía digestiva. Durante la infección activa, el poliovirus entra en el cuerpo a través de la boca, infectando a las primeras células que entran en contacto a nivel de la faringe y la mucosa intestinal.

En su forma aguda, causa inflamación en las neuronas motoras de la médula espinal y del cerebro, y lleva a la parálisis, atrofia muscular y muy a menudo deformidad. En el peor de los casos puede causar parálisis permanente o la muerte al paralizarse el diafragma.

Clave C

Pregunta 7

El control y erradicación del sarampión puede lograrse por medio de

A) la eliminación de zancudos.
B) la eliminación adecuada de desechos.
C) el mejoramiento de la nutrición.
D) la eliminación de los ectoparásitos.
E) la aplicación de vacunas específicas.

Lumbreras Editores

Resolución

La vacunación sistemática de los niños contra el sarampión, combinada con campañas de inmunización masiva en países con elevada incidencia y mortalidad son estrategias de salud pública fundamentales para reducir la mortalidad mundial por sarampión. La vacuna contra el sarampión, que se viene utilizando desde hace cincuenta años, es segura, eficaz y barata.

Pregunta 8

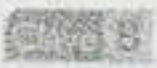
En la profilaxis de tifus exantemático es importante tomar en consideración la

A) higiene corporal y eliminación de pulgas.
B) higiene corporal y eliminación de piojos.
C) fumigación de los pantanos con DDT.
D) eliminación de ratas.
E) higiene corporal y eliminación de chinches.

Resolución

En la profilaxis del tifus exantemático, el principal objetivo será la destrucción de los piojos *Pediculus capitis* (de la cabeza) pero fundamentalmente de los *Pediculus vestimenti* (de la ropa). La primera medida será aislar al enfermo y proceder a su desparasitación de sus vestidos, ropa de la cama y vivienda, precaución que se extenderá a todas las personas que hayan tenido contacto con él o del entorno. Las ropas se harán hervir durante varios minutos, o en autoclave, o se fumigarán con insecticidas específicos contra estos parásitos.

En épocas de epidemia se procedía a despiojamientos colectivos de la población. Un enfermo despiojado es inofensivo; la sangre del paciente es contagiosa pero no la orina y el esputo.



Pregunta 9

Con relación a las enfermedades infecto-contagiosas indique verdadero (V) o falso (F) según corresponda.

- El agente causal de la enfermedad no siempre se encuentra en los enfermos. ( )
- Generalmente el agente puede mantenerse permanentemente en condiciones de laboratorio. ( )
- El microorganismo debe reproducir la enfermedad en animales de experimentación. ( )
- Solo el hombre es capaz de formar anticuerpos. ( )
- Solo son originadas por bacterias. ( )

A) FFVVF B) FVVFF C) VVFFF
D) VFVFF E) VFFVF

Resolución

Según los postulados de Koch:

- El agente causal de la enfermedad debe aislarse siempre de animales enfermos y nunca de animales sanos.
- Los microorganismos aislados deben ser cultivables en condiciones de laboratorio.
- El microorganismo debe producir enfermedad en animales de experimentación.
- Los animales de experimentación también son capaces de formar anticuerpos contra el microorganismo infeccioso.
- Pueden ser originadas por bacterias, virus, protozoos, etcétera.

Pregunta 10

La capacidad del microorganismo de causar una enfermedad se denomina

A) infectividad. B) patogenicidad.
C) inocuidad.
D) virulencia. E) zoonosis.

Lumbreras Editores

Resolución

La patogenicidad se define como la capacidad del microorganismo de producir enfermedad en un hospedero susceptible. La patogenicidad es una característica intrínseca del microorganismo, por lo tanto, nos permite comparar diferentes especies microbianas. La virulencia, por el contrario, es una característica de las diferentes cepas de una misma especie y permite realizar comparaciones entre ellas.

Clave B

Pregunta 11

Las inadecuadas condiciones sanitarias que favorecen el inicio de una epidemia de cólera, se consideran

A) factor etiológico.
B) factor ambiental.
C) factor desencadenante.
D) agente causal.
E) agente patógeno.

Resolución

A diferencia del factor etiológico, los factores desencadenantes no son la causa directa de la enfermedad, sino las circunstancias o el contexto que favorecen el inicio de la enfermedad, así las inadecuadas condiciones sanitarias es el factor desencadenante de enfermedades como el cólera.

Clave C

Pregunta 12

Respecto a las manifestaciones de una enfermedad, indique aquel que es considerado un síntoma.

A) hematoma
B) prurito
C) ictericia
D) hemoptisis
E) diaforesis

Resolución

La manifestación clínica de una enfermedad comprende a los signos y síntomas. Los síntomas son las manifestaciones subjetivas percibidas solo por el paciente, poco fiables y su interpretación puede ser difícil. Entre los síntomas tenemos el dolor, prurito o escosor, etcétera.

Clave B

Pregunta 13

El malestar corporal asociado al inicio de alguna forma de infección, nos indica que la enfermedad se encuentra en el periodo

A) subclínico.
B) de incubación.
C) de convalescencia.
D) de declive.
E) clínico.

Resolución

La aparición de signos y síntomas de una enfermedad corresponden al periodo clínico de una enfermedad, el cual consta de una fase prodrómica con signos y síntomas generales, y una fase aguda con la aparición de signos y síntomas específicos, que permiten determinar la enfermedad que afecta al paciente; y aplicar el tratamiento para recobrar su salud.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 14

El indicador que evidencia la proporción de individuos enfermos en la ciudad de Huaraz durante todo un año, se denomina tasa de

A) incidencia.
B) morbilidad.
C) mortalidad.
D) patogenicidad.
E) infectividad.

Resolución

La tasa de morbilidad indica la cantidad de individuos enfermos en un espacio y tiempo determinado. Este dato estadístico permite comprender el progreso de una enfermedad, las razones de su surgimiento y las posibles soluciones.

Pregunta 15

Organismo donde vive un agente infeccioso y se multiplica para su posterior transmisión.

A) parásito
B) reservorio
C) fuente de infección
D) patógeno
E) fómite

Resolución

Se denomina reservorio a cualquier persona, animal, vegetal, materia inorgánica, sustancia o combinación de los mencionados, en donde un agente infeccioso vive, se multiplica y del que depende para su supervivencia y reproducción, de modo que pueda trasmitirse a un huésped susceptible.

Pregunta 16

Se denomina ..... al paciente asintomático que puede ser una fuente de infección.

A) reservorio
B) portador
C) agente infeccioso
D) hospedero
E) enfermo

Resolución

Se denomina estado de portador a la persona que sin padecer síntomas ni signos de la enfermedad puede transmitirla, es decir, puede ser fuente de infección, bien porque se encuentra en el periodo de incubación, porque no desarrolla síntomas o está en el periodo convaleciente.

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Correlacione el tipo de enfermedad con su origen.

I. Congénitas
II. Degenerativas
III. Carenciales
IV. Funcionales
V. Ocupacionales

a. como consecuencia del mal funcionamiento de los órganos
b. por la actividad que realizan
c. originadas por el desgaste de algunos órganos
d. debido a la falta de principios nutricionales
e. se manifiestan desde el nacimiento

A) Ie, IId, IIIc, IVa, Vb
B) Ic, IIe, IIIb, IVa, Vd
C) Ie, IId, IIIa, IVb, Vc
D) Ie, IIc, IIId, IVa, Vb
E) Ic, IIe, IIIb, IVa, Vd

2. Correlacione las enfermedades con la medida profiláctica.

I. Malaria
II. Fasciolasis
III. Micosis
IV. Teniasis
V. Poliomielitis

a. Hervir las prendas de vestir.
b. La vacunación es la mejor prevención.
c. Eliminación de vectores.
d. Tomar medidas de control de los caracoles.
e. Comer carnes que pasaron el control de calidad.

A) Ic, IId, IIIe, IVa, Vb
B) Ic, IIe, IIIb, IVa, Vd
C) Ib, IId, IIIa, IVe, Vc
D) Ic, IId, IIIa, IVe, Vb
E) Ic, IIe, IIIb, IVa, Vd

3. La vacunación es la mejor prevención para enfermedades como ..... y ..... .

A) la verruga - la rabia
B) la ascariosis - la hidatidosis
C) el sarampión - la tos ferina
D) la sífilis - la tos ferina
E) la malaria - la sarna

4. Salud es definida por la ....., como el estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o ..... .

A) ONU - infecciones
B) OPS - higiene
C) OMS - limpieza
D) OMS - enfermedad
E) República peruana - enfermedad

5. Se denomina ..... a la enfermedad causada por bacteria, hongo o virus.

A) carencial
B) funcional
C) infecciosa
D) ocupacional
E) degenerativa

Lumbreras Editores

6. Robert Koch estableció que para afirmar que un microorganismo sea la causa de una enfermedad, se necesita confirmar en primer lugar que este sea

A) capaz de producir la infección original.
B) causante de la enfermedad después de varias generaciones de cultivo.
C) preparado y mantenido en cultivo puro.
D) encontrado en todos los afectados.
E) recuperado de un inóculo animal y cultivado de nuevo.

7. Cuando en la infección por herpes virus aparecen ampollas cutáneas en la boca (herpes labial), en los genitales (herpes genital) o en la piel (herpes zóster), se dice que la enfermedad está en la etapa de

A) convalescencia.
B) incubación.
C) desarrollo.
D) recuperación.
E) propagación.

8. La toxoplasmosis es una enfermedad causada por el *Toxoplasma gondii*, un protozoario que parasita a los gatos y puede ser transmitido al hombre; por lo que se le denomina

A) zoonosis.
B) parasitosis.
C) toxoplasmosis.
D) infecciosa.
E) endémica.

9. Las siguientes enfermedades son transmitidas por vía digestiva, respiratoria y sexual, respectivamente.

A) tifoidea, gonorrea, trichomoniosis
B) sarampión, gonorrea, malaria
C) polio, sarampión, hepatitis B
D) cólera, taenosis, amibiosis
E) ántrax, tetano, rabia

10. En el caso de la rabia se recomienda inmunización ..... solo a individuos que tuvieran riesgo profesional como: médicos veterinarios, personal de laboratorios especializados, taxidermistas y guardabosques.

A) activa natural
B) activa artificial
C) pasiva natural
D) pasiva artificial
E) inespecífica

11. No constituye una medida profiláctica para evitar la tifoidea.

A) Lavarse las manos antes de manipular alimentos o comer.
B) Evitar el consumo de alimentos crudos regados con aguas servidas.
C) Hervir el agua.
D) No pernoctar al aire libre, en zonas de transmisión.
E) Mantener los servicios higiénicos limpios y aseados.

12. Es una infección bacteriana grave y potencialmente mortal de la infancia si no se inmuniza a tiempo al niño, afecta las vías respiratorias causando una tos incontrolable.

A) tuberculosis
B) sarampión
C) coqueluche
D) brucelosis
E) difteria

Lumbreras Editores

13. Se transmite por medio de un insecto hematófago *Triatoma infestans*, el cual inocula el parásito cuando defeca sobre la picadura que él mismo ha realizado para alimentarse.

A) leishmaniosis
B) malaria
C) verruga peruana
D) mal de Chagas
E) uta

4. Estas son medidas profilácticas para evitar ..... : 1. Hervir el agua. 2. Lavar intensamente los vegetales antes de consumirlos. 3. Evitar la presencia de heces humanas en los terrenos agrícolas. 4. No comer frutas crudas con cáscara en zonas endémicas.

A) la amoebiosis
B) el paludismo
C) el mal de Chagas
D) la uta
E) la malaria

15. La *Salmonella tiphy* y las bacterias de la flora intestinal pueden denominarse como agentes ..... y ....., respectivamente.

A) saprofitos - virulentos
B) avirulentos - apatógenos
C) patógenos - saprófitos
D) avirulentos - virulentos
E) saprófitos - patógenos

16. Enfermedad zoonótica causada por un virus que se encuentra en la saliva de ciertos animales transmitiéndose por vía cutánea.

A) rabia
B) gripe
C) sarampión
D) polio
E) hepatitis

17. De la siguiente relación de enfermedades que se listan, señale aquellas donde la medida preventiva fundamental es el control de vectores.

A) amebiosis - hidatidosis - ascariosis
B) sífilis - lepra - sarampión
C) gripe - tos convulsiva - sarampión
D) paludismo - verruga - tripanosomiosis
E) rabia - sífilis - malaria

18. ¿Qué clase de enfermedades son el raquitismo y el saturnismo, respectivamente?

A) carencial y degenerativa
B) degenerativa e infecciosa
C) ocupacional y congénita
D) carencial y ocupacional
E) congénita y ocupacional

19. Señale cuál es la forma de transmisión indirecta de agentes patógenos.

A) estornudo
B) contato sexual
C) picadura por mosquitos
D) gotas de saliva por tos
E) transfusión sanguínea

20. El hecho de que un agente infeccioso debe encontrarse siempre en el paciente constituye

A) una forma de transmisión.
B) un requisito para la inmunidad.
C) una causa de cualquier enfermedad.
D) un postulado de Koch.
E) una etapa de una enfermedad.

Lumbreras Editores

21. Es un ejemplo de enfermedad parasitaria que emplea la vía cutánea como medio de infección.

A) mal de Chagas B) rabia
C) sífilis
D) amibiosis E) tisis

22. No constituye una medida de importancia profiláctica en la transmisión de protozoos intestinales.

A) procesamiento higiénico de los alimentos
B) hervido de agua potable
C) eliminación de vectores mecánicos
D) lavado permanente de manos
E) baño diario

23. Nematodo parásito que se localiza en el intestino grueso.

A) *Enterobius vermicularis*
B) *Fasciola hepatica*
C) *Ascaris lumbricoides*
D) *Echinococcus granulosus*
E) *Taenia solium*

24. Microorganismos capaces de causar enfermedad en organismos inmunodeficientes.

A) simbióticos
B) oportunistas
C) patógenos
D) virulentos
E) infecciosos

Lumbreras Editores

CAPÍTULO XXVI

DEFENSA CONTRA LAS INFECCIONES

Objetivos

- Comprender los mecanismos de defensa del organismo frente a agentes extraños.
- Conocer las diversas formas de inmunización frente a las enfermedades.
- Conocer las alteraciones del sistema inmune y las complicaciones para el funcionamiento del organismo.

Introducción

Permanentemente, el organismo animal está expuesto a microorganismos como bacterias, virus, hongos y parásitos que se encuentran en el ambiente, capaces de invadir nuestros tejidos y causarnos enfermedades. Sin embargo, los organismos cuentan con un sistema de defensa por medio de la discriminación entre lo propio y lo extraño.

Esta capacidad también es requisito elemental para la multicelularidad, donde las células del organismo deben ser reconocidas como propias. Alguna alteración de las células del organismo pueden convertirla en una célula extraña y desencadenar su destrucción.

En ocasiones, el sistema inmunológico reacciona de forma exagerada, como en las reacciones alérgicas. Las respuestas inmunológicas algunas veces están dirigidas contra nuestros propios tejidos, resultando en una enfermedad autoinmune como la artritis reumatoide o la esclerosis múltiple. Algunas veces, el sistema inmunológico ataca cuando sería preferible que no lo hiciera. Por ejemplo, las respuestas inmunológicas pueden destruir las células del corazón o los trasplantes de riñón.

La disciplina biológica encargada del estudio de estos sistemas defensivos se denomina inmunología. Entre los logros más destacados de los inmunólogos tenemos: el desarrollo de vacunas que evitan enfermedades; el desarrollo de técnicas para realizar trasplantes exitosos de tejidos y órganos. Actualmente, se están ampliando los conocimientos sobre las células y las moléculas que interactúan para generar respuestas inmunológicas, lo cual conduce al desarrollo de nuevos métodos para la prevención y el tratamiento de las enfermedades.

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Los orígenes de la inmunología se remontan a las observaciones y aproximaciones empíricas sobre la inmunización. Ya el historiador griego Tucídides (464 - 404 a. n. e.) narra que en una epidemia durante la guerra del Peloponeso, los enfermos eran atendidos solo por aquellos que habían sobrevivido previamente a la enfermedad, en la seguridad de que estos no volverían a ser contagiados. Entre los grandes aportes destacables en el campo de la inmunología tenemos:

1.1. EDWARD JENNER (1749-1823)

En 1796, tras observar que en las lecheras de su pueblo que habían adquirido la viruela vacunal, una forma benigna de la enfermedad, solo les producía pústulas en las manos, y no eran atacadas por la grave y deformante viruela humana, inoculó a un niño el fluido procedente de pústulas de la forma benigna de la viruela; semanas después el niño fue inyectado con pus de una pústula de un enfermo de viruela humana y no desarrolló la enfermedad. La falta de conocimiento de las bases microbiológicas de las enfermedades infecciosas retrasó en casi un siglo sus estudios.

Edward Jenner vacunando a niño mediante inoculación de fluidos procedente de pústulas de la forma benigna de la viruela.

1.2. LUIS PASTEUR

Estudiando la bacteria responsable del cólera aviar, observó que la inoculación en gallinas de cultivos poco virulentos las protegía de contraer la enfermedad cuando posteriormente eran inyectadas con cultivos virulentos. De esta forma se obtuvo la primera vacuna de microorganismos atenuados, que el propio Pasteur denominó "vacuna" en honor a los trabajos de Jenner.

Años después, observó que el agente causal de la rabia, presente en extractos de médula espinal de animales infectados, se debilitaba cuando se mantenía al aire durante cierto tiempo; concluyó así que dichos extractos se podían emplear eficazmente como vacunas. En 1885 realizó la primera vacunación antirrábica en humanos, sobre un niño mordido gravemente por un perro rabioso; el tratamiento tuvo un éxito absoluto, el niño se recuperó de las heridas y nunca desarrolló la rabia.

1.3. TEORÍA CELULAR DE LA INMUNIDAD

El microbiólogo ruso Mechnikov, en 1880, tras estudiar fenómenos de englobamiento de partículas extrañas por leucocitos de conejo y de humanos, consideró a la fagocitosis como la base principal del sistema inmune. Esta afirmación constituyó el núcleo de la teoría de la inmunidad celular.

1.4. TEORÍA HUMORAL DE LA INMUNIDAD

Emil von Behring y Shibasaburo Kitasato, en 1890, a consecuencia de sus trabajos sobre las toxinas del tétanos y de la difteria, observaron que el cuerpo produce "antitoxinas", más tarde conocidas como anticuerpos, que tendían a neutralizar las toxinas de forma específica. Marcaron el inicio de la teoría de la inmunidad humoral.

Paul Ehrlich obtuvo sueros de caballo con niveles de anticuerpos suficientemente altos como para conferir una protección eficaz a animales expuestos a una dosis letal de toxinas correspondiente.

1.5. CONFLUENCIA DE LA TEORÍA CELULAR Y HUMORAL

La confluencia de las dos teorías (celular y humoral) se inició con los trabajos de Almorth Wrigth y Stewart R. Douglas, quienes en 1904 descubren las opsoninas, anticuerpos presentes en los sueros de animales inmunizados y que, tras unirse a la superficie bacteriana, incrementan la capacidad fagocítica de los leucocitos. En los años cincuenta se reconoce que los **linfocitos** son las células responsables de los dos componentes, humoral y celular, de la inmunidad.

1.6. OBTENCIÓN DE VACUNAS

Una importante faceta de la inmunología de la primera mitad del siglo XX fue la obtención de **vacunas**. Se lograron toxoides inmunogénicos a partir de toxinas bacterianas, en muchos casos por tratamiento con formol: toxoide tetánico y toxoide diftérico. En 1922 se desarrolla la vacuna BCG contra la tuberculosis, haciendo uso de una cepa atenuada de *Mycobacterium tuberculosis*, el bacilo de Calmette-Guérin (BCG).

1.7. BIOTECNOLOGÍA E INMUNOLOGÍA

Los avances en inmunología durante los últimos años han sido espectaculares, consolidando a esta como ciencia independiente, con su conjunto propio de paradigmas, ya relativamente escindida de su tronco originario microbiológico. Entre los hitos recientes hay que citar la técnica de producción de **anticuerpos monoclonales a partir de hibridomas**, y que presenta una enorme gama de aplicaciones en biomedicina.

2. INMUNIDAD

Protección frente a las agresiones de elementos externos e internos considerados como extraños, tales como virus, bacterias, hongos y otros microorganismos con los que estamos en continuo contacto y que nos pueden causar alguna enfermedad.

Los órganos, tejidos, células y moléculas responsables de la inmunidad constituyen el sistema inmune.

Órganos del sistema inmune	Células del sistema inmune	Moléculas del sistema inmune
Ganglios linfáticos	Linfocitos	Anticuerpos
Timo	Macrófagos	Linfocinas
Bazo	Granulocitos	Sistema del complemento

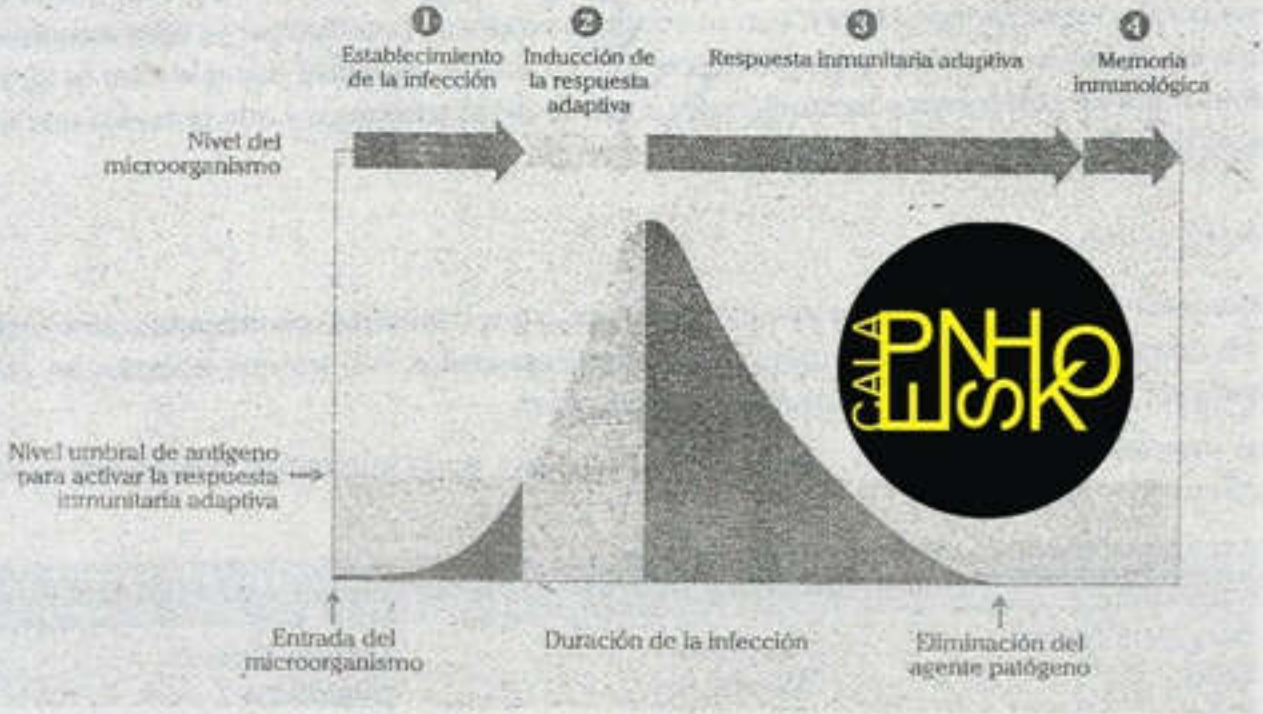
Libreros Editores

Los componentes que evitan el ingreso de agentes extraños conforman las barreras inmunes, mientras que la acción coordinada tras la introducción de sustancias extrañas con el objetivo de erradicarla es la respuesta inmunitaria.

La inmunidad puede ser agrupada en dos grandes categorías: inmunidad innata e inmunidad adquirida.

twitter.com/calapenshko

Una vez superada la barrera inmune, en el curso de una infección existe una secuencia ordenada de etapas inmunes con el objetivo de combatirlas. De acuerdo al orden del desarrollo, tenemos:



3. INMUNIDAD INNATA (INESPECÍFICA)

Se encuentra presente en el organismo de forma natural y es inespecífica, es decir, nos defiende de cualquier invasor y no depende de **la exposición previa del individuo a los patógenos**. Proporcionan inmunidad innata las barreras mecánicas y químicas, la respuesta inflamatoria y el sistema del complemento.

DEFENSAS DEL ORGANISMO FRENTE A LA INFECCIÓN: MECANISMOS INNATOS
Nacemos con ellos. Actúan de manera no específica (contra cualquier patógeno).

Mecanismos innatos externos: - Presentes en todos los organismos. - Tienden a evitar la entrada de los patógenos.	Barreras físicas	- **Piel**, efecto **barrera**. La **descamación** evita que los microorganismos se asienten. Solo los espirilos pueden atravesar las mucosas.
	Barreras químicas	- **Moco**, engloba partículas extrañas, engaña a los virus. - **Lágrima y saliva**, efecto de lavado, también contienen sustancias antimicrobianas, como la lisozima.
	Flora autóctona	Las bacterias intestinales impiden que los patógenos se instalen.
Mecanismos innatos internos: Actúan cuando los patógenos ya han entrado.	Células asesinas naturales (*natural killer*)	Destruyen a células extrañas y a células infectadas o tumorales produciendo agujeros en ellas mediante **perforina**.
	Interferón	Proteínas segregadas por células infectadas por virus que actúan sobre otras células haciéndolas producir sustancias que inhiben la replicación viral.
	Complemento	Complejos macromoleculares de proteínas que provocan la lisis de las células o atraen a los fagocitos.

3.1. BARRERAS PRIMARIAS O EXTERNAS

Impiden el ingreso de los agentes infecciosos, es la forma más sencilla de evitar la infección.

3.1.1. Barreras físicas

El cuerpo humano está protegido del medio por una barrera mecánica continua, formada por una membrana cutánea (la piel) y membranas mucosas. Ambos conforman la primera línea defensiva frente a las infecciones.

- La **piel** es el órgano más grande del cuerpo y la principal barrera física entre el organismo y el medio exterior. Cuando se interrumpe su continuidad en las heridas o quemaduras es una puerta abierta para el ingreso de los agentes infecciosos.

- Las **mucosas** que recubren superficies como las vías respiratorias, el tubo digestivo y la vagina están conformadas por epitelios secretores de moco, que bloquea la adherencia de las bacterias a las células epiteliales. En las vías respiratorias, el batido coordinado de los cilios ayuda a "barrer" el moco donde quedan retenidas las partículas que ingresan a la vía respiratoria junto con el aire.

  La tos y los estornudos expulsan mecánicamente los patógenos y otros irritantes de las vías respiratorias. La acción limpiadora de las lágrimas y la orina también expulsa patógenos mecánicamente.

3.1.2. Barreras químicas

Muchos fluidos corporales poseen enzimas bactericidas, tales como la lisozima presente en lágrimas, secreciones nasales y saliva, ácido clorhídrico en el jugo gástrico, espermina y zinc en el semen, lactoperoxidasa en la leche, ácidos grasos en las secreciones sebáceas de la piel o el ácido láctico vaginal.

3.1.3. Flora autóctona

Los microorganismos presentes de una manera natural en ciertas partes de nuestro organismo, impiden que otros se instalen segregando sustancias o estableciendo competencia por los nutrientes.

- Las bacterias comensales de la flora vaginal metabolizan el glucógeno produciendo ácido láctico, el cual limita la invasión por bacterias patógenas. Cuando estas bacterias comensales se alteran por acción de antibióticos, aumenta la susceptibilidad a infecciones oportunistas como *Candida albicans* y *Chlostridium difficile*.
- Las bacterias de la flora intestinal producen colicinas que combaten a los microorganismos infecciosos.

Lumbreras Editores

3.2. BARRERAS SECUNDARIAS

Cuando las primeras líneas defensivas fallan y los tejidos son **invadidos por agentes patógenos**, se activa la **segunda línea de defensa**: una respuesta inespecífica en que participan algunos leucocitos llamados fagocitos y sustancias químicas como el interferón y las proteínas del complemento.

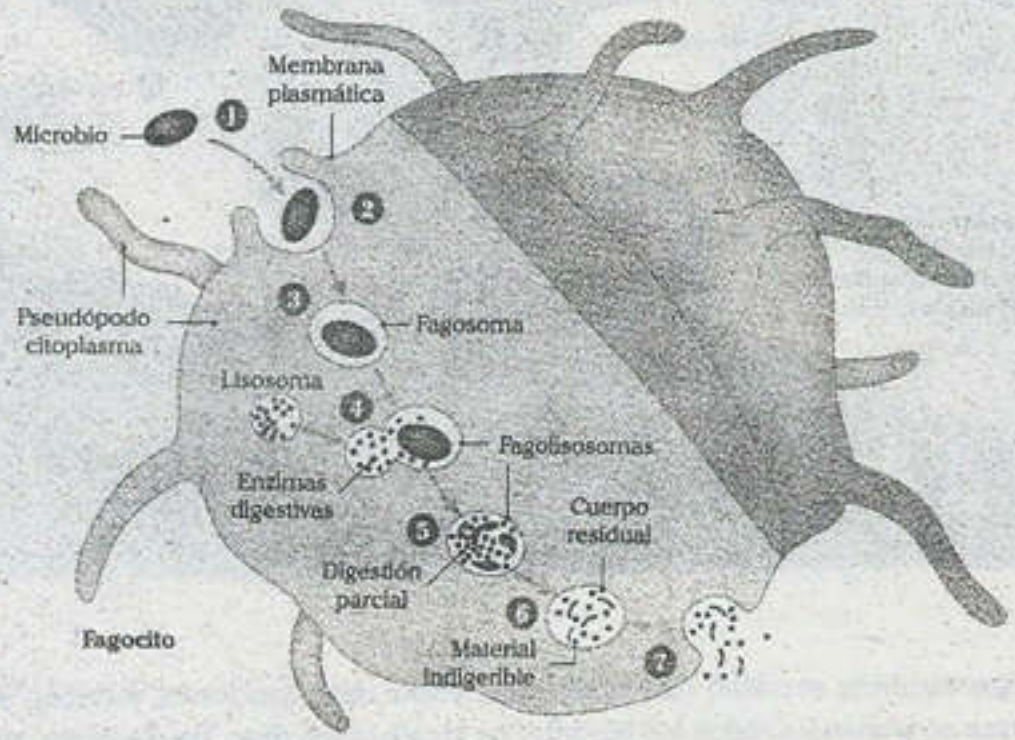
3.2.1. Fagocitos

Las células de un tejido lesionado liberan sustancias que atraen a poblaciones de leucocitos en un proceso denominado quimiotaxia, en el cual los leucocitos sanguíneos atraviesan el endotelio capilar por diapédesis, se desplazan mediante movimientos ameboideos (por seudópodos) hacia el foco de infección y fagocitan a los agentes infecciosos.

Los leucocitos del tipo macrófagos y neutrófilos capaces de realizar fagocitosis son denominados fagocitos y su llegada se ve favorecida por la inflamación del foco infeccioso.

Ingestión celular de partículas infecciosas y restos de células dañadas, las cuales son rodeadas por pseudópodos y englobadas en una vesícula llamada fagosoma. La fusión de los lisosomas a los fagosomas descarga enzimas hidrolasas que digieren el material fagocitado, también participa la mieloperoxidasa lisosómica que sintetiza hipoclorito, un potente bactericida. Las membranas de los fagosomas también ensamblan sistemas enzimáticos que forman agentes oxidantes, como el peróxido de hidrógeno, mortales para las bacterias.

Fagocitosis de microbio por macrófago

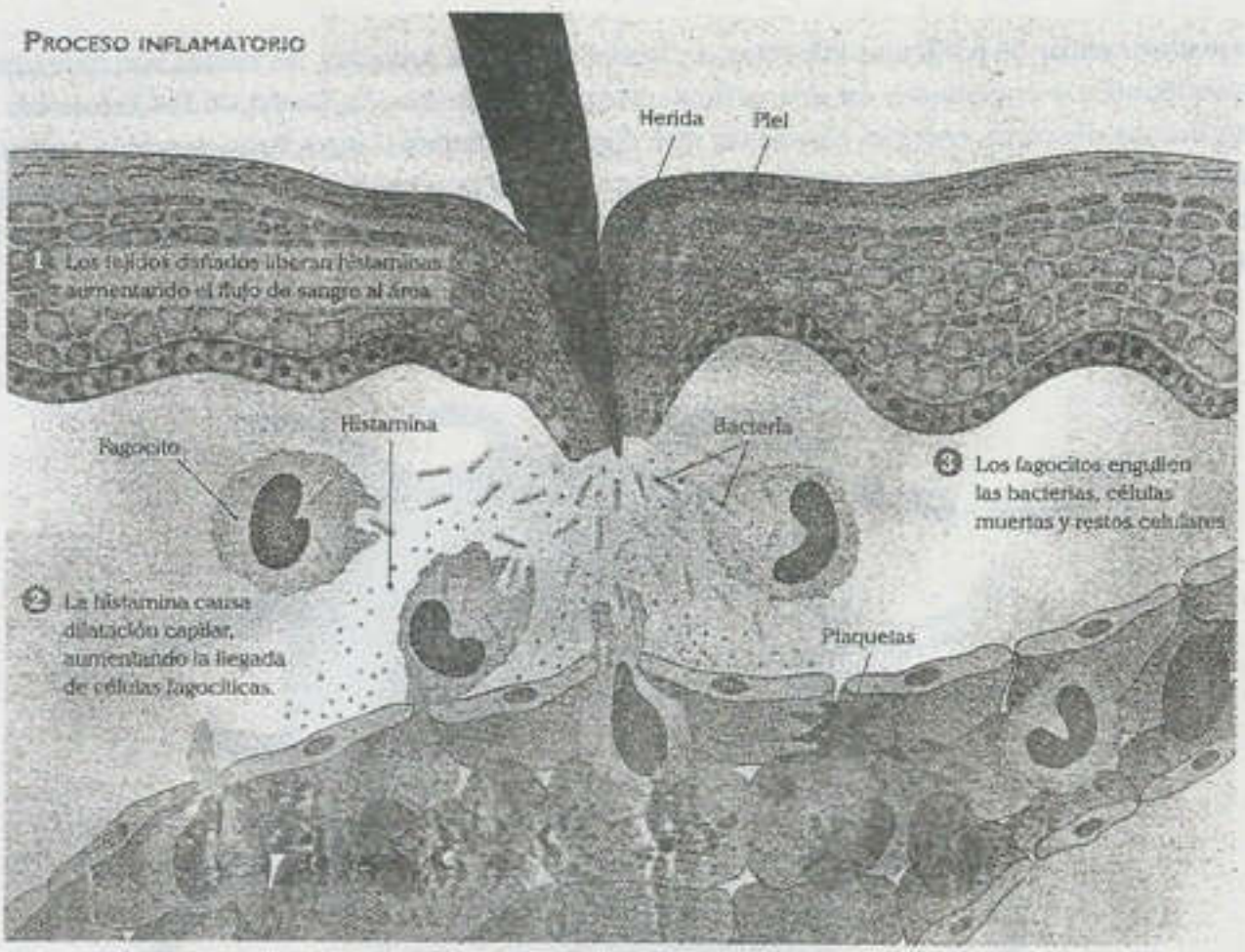


Algunas bacterias tienen paredes o cápsulas celulares que resisten la fagocitosis y otras se defienden con sustancias que destruyen la membrana lisosómica.

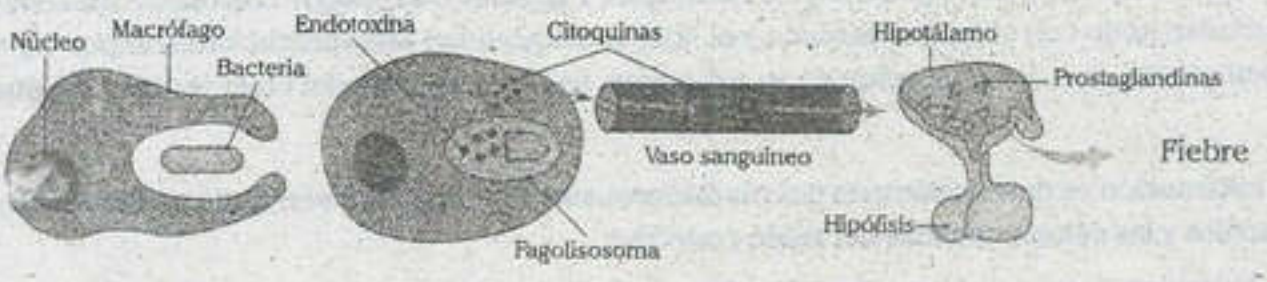
Los neutrófilos se desactivan después de fagocitar unas veinte bacterias y los macrófagos pueden fagocitar hasta cien. La mayoría de los neutrófilos y algunos macrófagos finalmente mueren y se acumulan junto con el tejido necrótico y el líquido extracelular. Esta mezcla forma el pus. La mieloperoxidasa, que contiene cobre en su estructura, es la responsable del color verdoso del **pus**.

La inflamación es desencadenada por mediadores como la histamina secretada por los leucocitos basófilos y las células cebadas del tejido conectivo.

La histamina tiene un efecto vasodilatador, ocasiona que la zona dañada reciba un mayor flujo sanguíneo y un aumento de la permeabilidad capilar. Los síntomas y signos clásicos de la inflamación son conocidos como la tétrada de Celsius y comprenden: rubor (enrojecimiento), calor, hinchazón y dolor.



Los leucocitos también secretan citoquinas que, entre otras funciones, inducen una **respuesta sistémica**, que acompaña a todos los fenómenos locales descritos. Por ejemplo, algunas citoquinas actúan sobre el hipotálamo, donde se localiza el centro regulador de la temperatura, y causan **fiebre**. La fiebre es un mecanismo defensivo, ya que las altas temperaturas favorecen la respuesta del sistema inmune y en cambio perjudican a los patógenos, que se desarrollan mejor a temperaturas bajas.



1. El macrófago fagocita una bacteria.
2. La bacteria es diferida. Partes de la bacteria (endotoxinas) disparan la secreción de citoquinas.
3. Las citoquinas llegan al hipotálamo por la circulación sistémica.
4. En respuesta a las citoquinas, el hipotálamo secreta prostaglandinas, que producen fiebre.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

2.2.2. Células asesinas naturales o natural killer (NK)

Son una subpoblación de linfocitos que se encuentra en la sangre (5-10 %) y en los tejidos linfoides, especialmente el bazo, además de encontrarse en gran cantidad en el hígado.

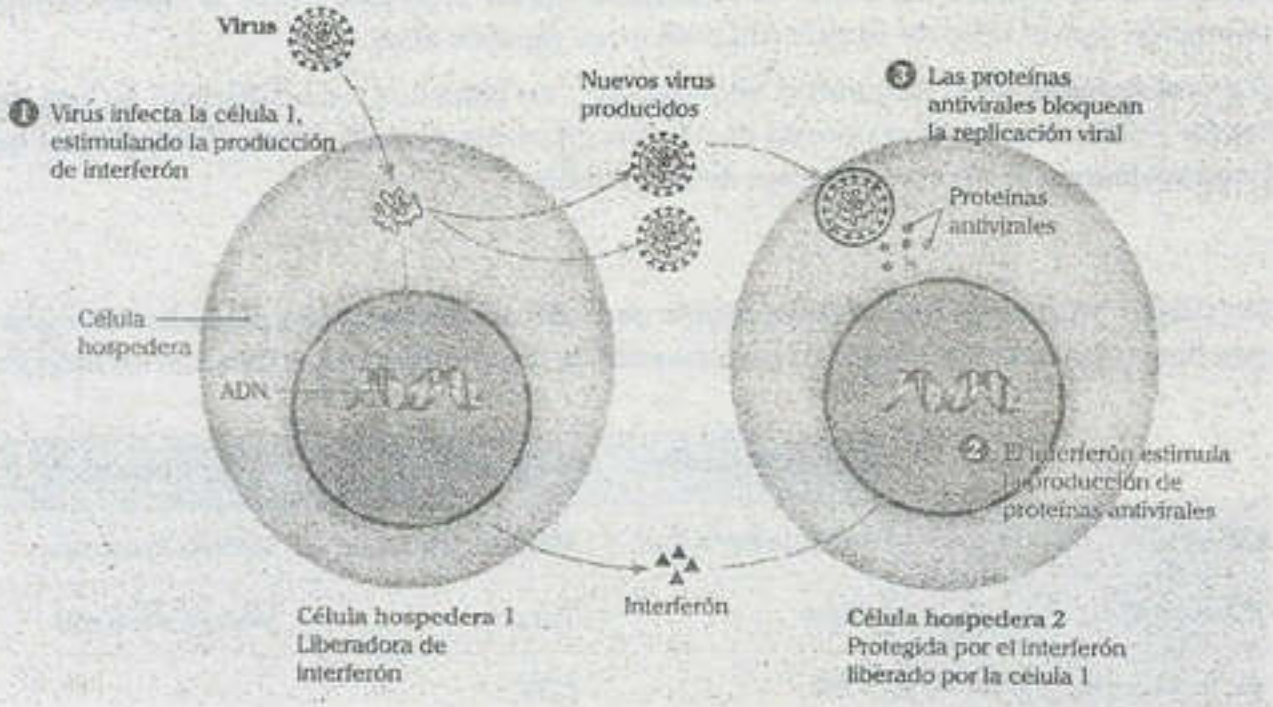
Los linfocitos NK reconocen las células infectadas por virus y a las células tumorales, a quienes atacan y destruyen mediante la secreción de perforinas (citolisinas) y granzimas. Las perforinas se insertan en la membrana de las células atacadas generando canales grandes por los que pasan enzimas, como las granzimas, que activan la apoptosis.

La acción de los linfocitos NK son similares a las de las células citotóxicas de la inmunidad adaptativa, pero a diferencia de ellas, carecen de especificidad y memoria.

2.2.3. Interferones

Son moléculas de naturaleza proteica segregadas por las células infectadas por virus, que captadas por las células adyacentes, las estimulan a sintetizar enzimas antivirales evitando la proliferación viral; ya sea inhibiendo la replicación del genoma vírico, la síntesis de proteínas o activando a las células NK para destruir a las células infectadas.

MECANISMO DE ACCIÓN DE LOS INTERFERONES ANTIVIRALES

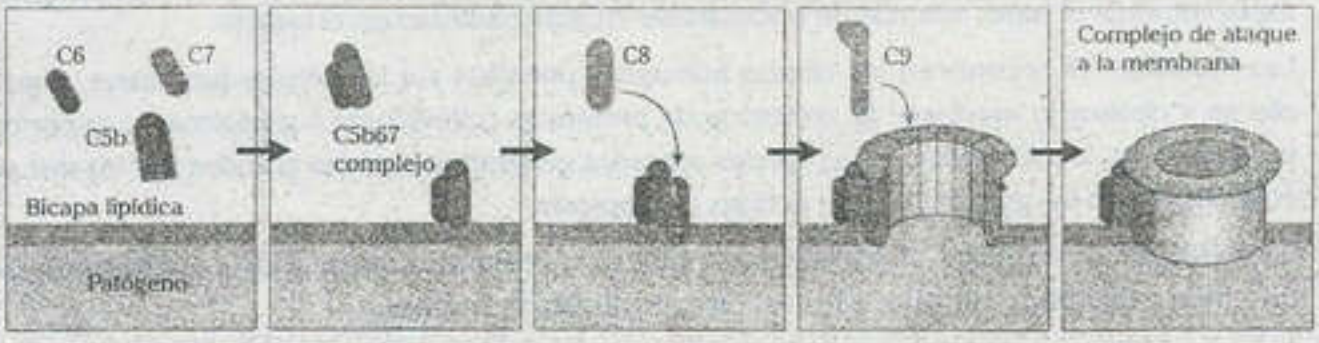


2.2.4. Sistema del complemento

Es un conjunto de veinte proteínas sintetizadas por el hígado, que circulan por la sangre y el líquido extracelular. La mayoría de ellas se encuentra inactiva hasta que se produce una infección.

La activación en cascada de las proteínas del complemento provocan la lisis directa del agente patógeno, al formar canales que alteran su permeabilidad. Su adhesión a la membrana también favorece la fagocitosis a cargo de los macrófagos, y potencia la respuesta inflamatoria reclutando fagocitos y estimulando la secreción de histamina.

MECANISMO DE ACCIÓN DE LAS PROTEÍNAS DEL COMPLEMENTO



4▸ INMUNIDAD ADQUIRIDA (ESPECÍFICA)

Cuando la inmunidad innata ha sido superada, el sistema inmune desencadena respuestas muy específicas y potentes contra el agente infeccioso. La inmunidad adquirida además de poseer especificidad, también posee memoria. Así, cuando una persona padeció cierta enfermedad infecciosa en la infancia, tal como el sarampión, queda protegida frente al agente patógeno del sarampión para el resto de su vida o al menos por muchos años.

Los protagonistas de la inmunidad adquirida son los linfocitos, que participan en una respuesta celular y otra humoral. Para ponerla en marcha de manera coordinada es fundamental que el organismo diferencie sus componentes de los extraños.

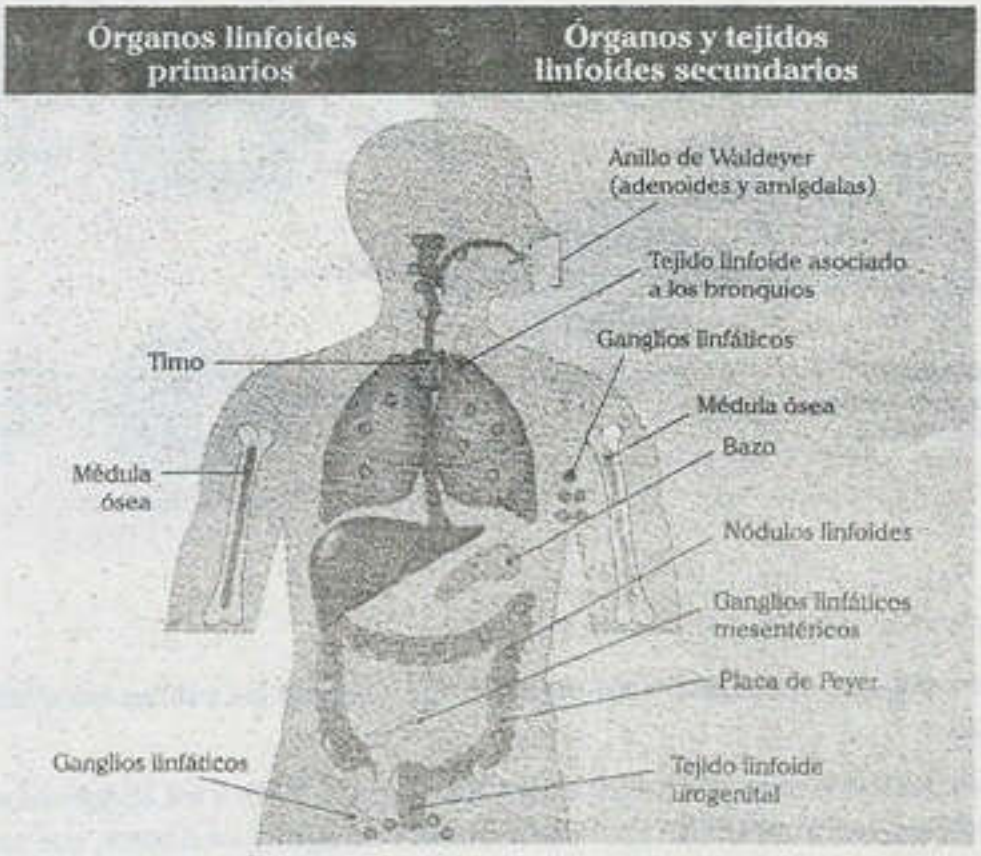
Linfocitos B y T

Son células sanguíneas que se desarrollan a partir de las células madre pluripotenciales en un proceso denominado linfopoyesis. Los responsables de la inmunidad específica son los linfocitos B y T.

	LINFOCITO T4	LINFOCITO T8	LINFOCITO B
Origen	Médula ósea roja	Médula ósea roja	Médula ósea roja
Maduración	Timo	Timo	Médula ósea roja
Receptores de membrana	CD4	CD8	
Activación por unión a	Antígeno	Interleucina	Antígeno Interleucina
Respuesta de tipo	Celular	Celular	Humoral
Función	Estimula la respuesta inmune	Citotóxica Supresión de respuesta inmune	Secreción de anticuerpos Memoria inmune

Los linfocitos se forman y maduran en los órganos linfoides primarios como la médula ósea roja, para linfocitos B, y el timo, para linfocitos T. En dichos órganos ambos tipos de linfocitos adquieren la capacidad de distinguir lo propio de lo extraño antes de ser liberados a la sangre y linfa. Si una célula inmunitaria reacciona ante un producto del propio organismo mientras se está formando en el timo o en la médula ósea, suele ser destruida o, al menos, inactivada por el propio organismo.

Los linfocitos T y B que circulan por la sangre y linfa, se acumulan en los órganos linfoides secundarios como el bazo, los ganglios linfáticos y los tejidos linfoides asociados a mucosas (amígdalas, apéndice ileocecal, placas de Peyer), donde se produce el encuentro con los patógenos y se da inicio a la respuesta inmune específica.



Todas las células tienen moléculas en su superficie que son únicas para cada persona. Se las conoce con el nombre de moléculas del complejo mayor de histocompatibilidad. A través de ellas, el cuerpo es capaz de distinguir lo propio y lo extraño. Toda célula que muestre moléculas idénticas del complejo mayor de histocompatibilidad es ignorada; y toda célula que muestre moléculas no idénticas del complejo mayor de histocompatibilidad es rechazada.

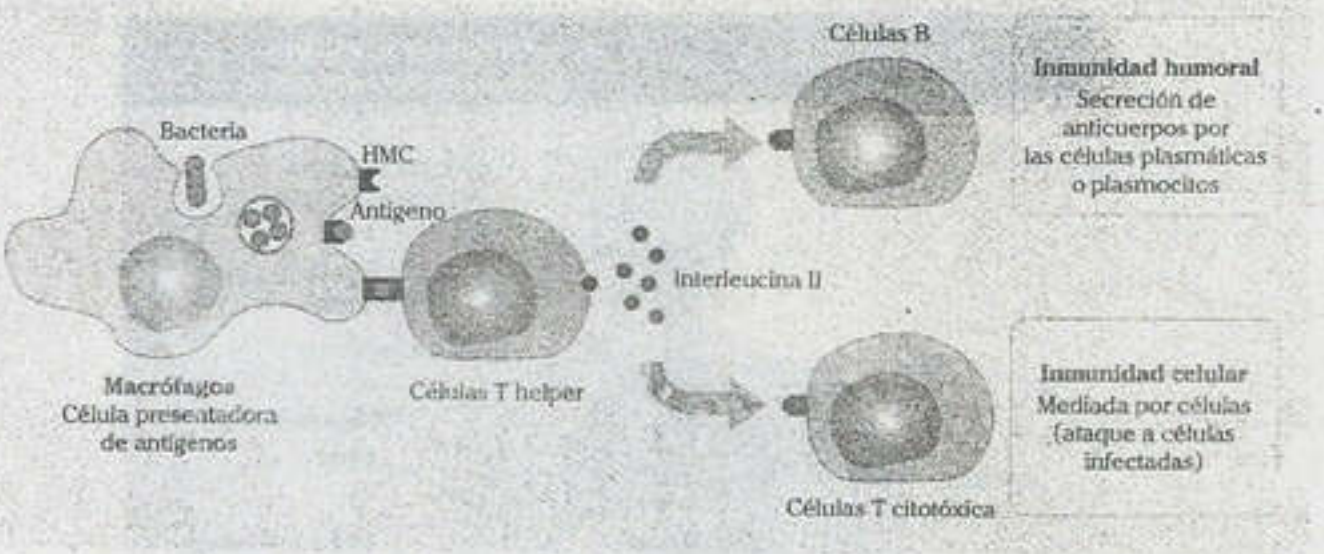
Las células y las sustancias que se comportan como extrañas para el organismo y contra las cuales este desarrolla una respuesta inmune específica se denominan antígenos. Las partes de estos antígenos que son específicamente reconocidas por determinados linfocitos se llaman determinantes o epitopos.

4.1. ACTIVACIÓN DE LINFOCITOS T COOPERADORES

Las células presentadoras de antígenos, como los macrófagos y células dendríticas, procesan los microorganismos fagocitados y presentan sus antígenos en la superficie mediante moléculas MHC (complejo mayor de histocompatibilidad) de clase II.

En los órganos linfoides secundarios, los receptores CD4 en la superficie del linfocito T4 reconocen a los antígenos presentados, se activan y liberan diversas citosinas denominadas interleucinas que repotenciarán la respuesta inmune humoral y celular.

ACTIVACIÓN DE LINFOCITOS T COOPERADORES (T4)



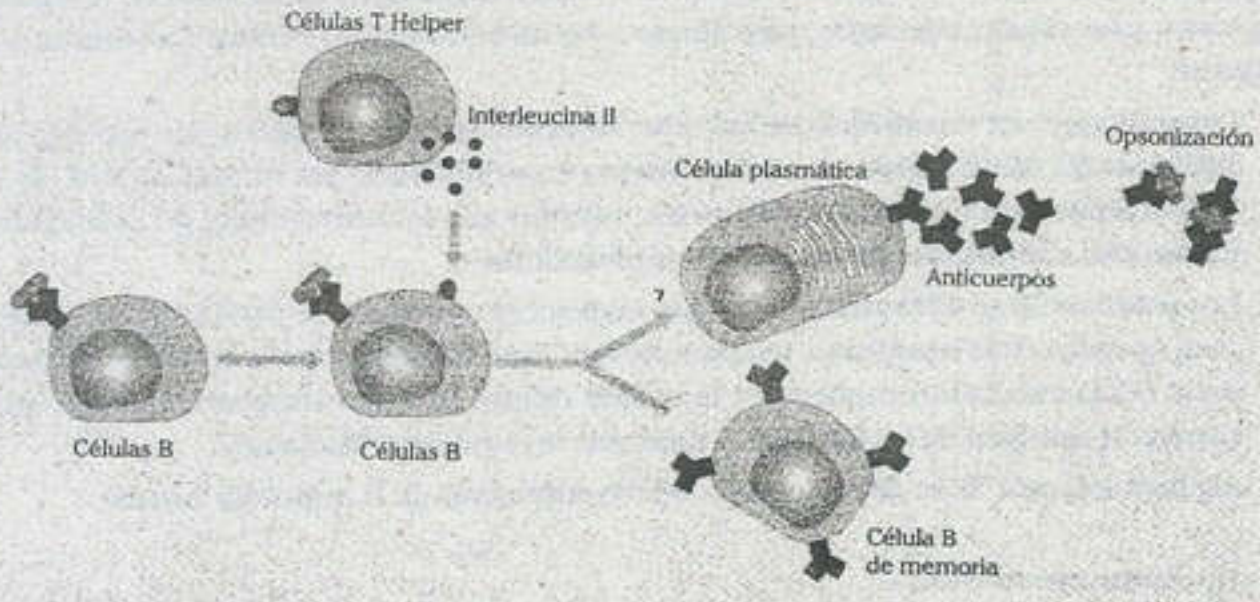
4.2. RESPUESTA INMUNITARIA HUMORAL

Dirigida a los antígenos extracelulares o aquellos que salen de las células infectadas para infectar nuevas células.

Comprende la producción de anticuerpos específica que se fijará a los antígenos provocando una serie de reacciones que conducirán a la destrucción de los agentes extraños, que serán fagocitados por los macrófagos. La secuencia es la siguiente:

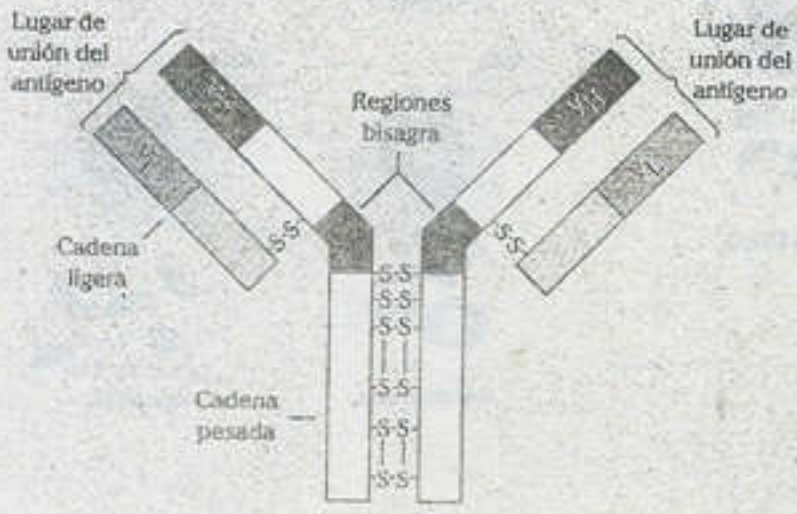
- El antígeno se une al receptor específico presente en la membrana de uno de los diversos tipos de linfocitos B existentes. Ese linfocito B inicia un proceso de proliferación, formando un gran número de ellos.
- Los linfocitos B proliferantes se diferencian en células plasmáticas secretoras de anticuerpos (inmunoglobulinas), en un proceso más intenso al ser estimulado por interleucinas (IL) liberadas por linfocitos T4. Algunos linfocitos B se convierten en células de memoria.
- Los anticuerpos secretados se unen al antígeno, formando los complejos antígeno-anticuerpo. Cuando el patógeno está recubierto por anticuerpos (opsonización) favorece la fagocitosis por macrófagos. El complejo antígeno-anticuerpo también activa el sistema del complemento, neutralizando las toxinas bacterianas.

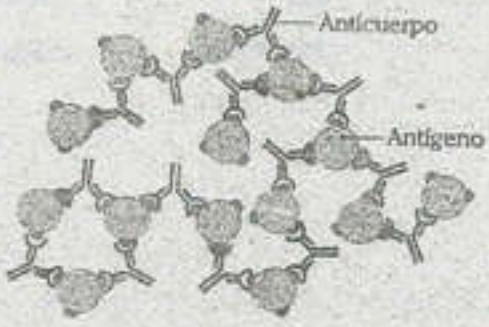
RESPUESTA INMUNE HUMORAL



Los anticuerpos

Llamados inmunoglobulinas, son glucoproteínas globulares secretadas por los plasmocitos que circulan por la sangre y penetran en los fluidos corporales, donde se unen específicamente al antígeno que provocó su formación.



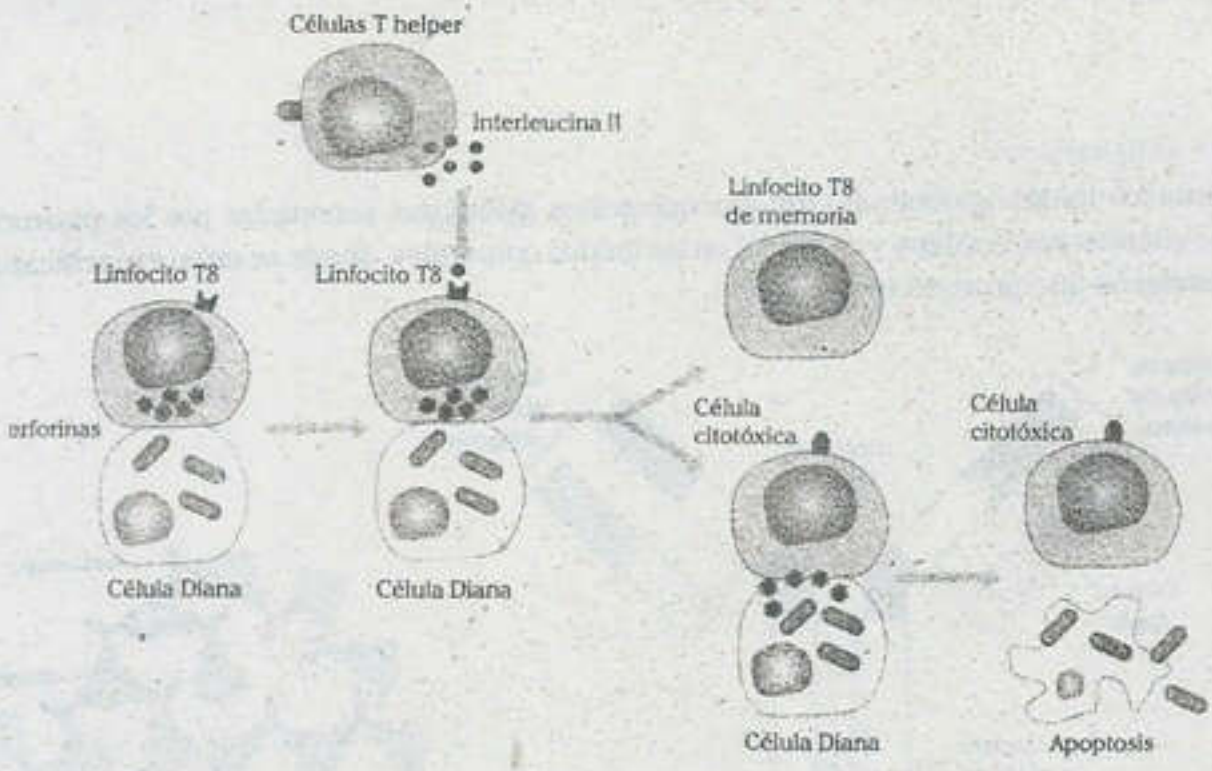


Están formadas por cuatro cadenas polipeptídicas, que poseen una porción variable encargada de reconocer al antígeno y de unirse a él. Al haber tantos tipos de antígenos, también existen muchos tipos de anticuerpos que se diferenciarán por su región variable.

La respuesta celular está dirigida a destruir a los microorganismos intracelulares, el agente infeccioso o a las células infectadas, para liberar a los microbios de su interior. La secuencia es la siguiente:

- Los receptores en la superficie del linfocito T8 reconocen a los antígenos que han sido procesados por las células infectadas y presentados en su superficie por moléculas MHC de clase I. Estos linfocitos T8 inician la proliferación. Este proceso se incrementa al ser estimulado por interleucinas secretadas por las células colaboradoras.
- Los linfocitos T8 se diferencian en células citotóxicas secretoras de perforinas, los cuales forman un canal en la membrana, a través del cual ingresan sustancias que activan la apoptosis de la célula infectada y conducen a la muerte celular. También secretan citoquinas que aumentan la actividad de los fagocitos y estimulan la respuesta inflamatoria.
- Algunos linfocitos T8 se diferencian en células supresoras de la respuesta inmune.

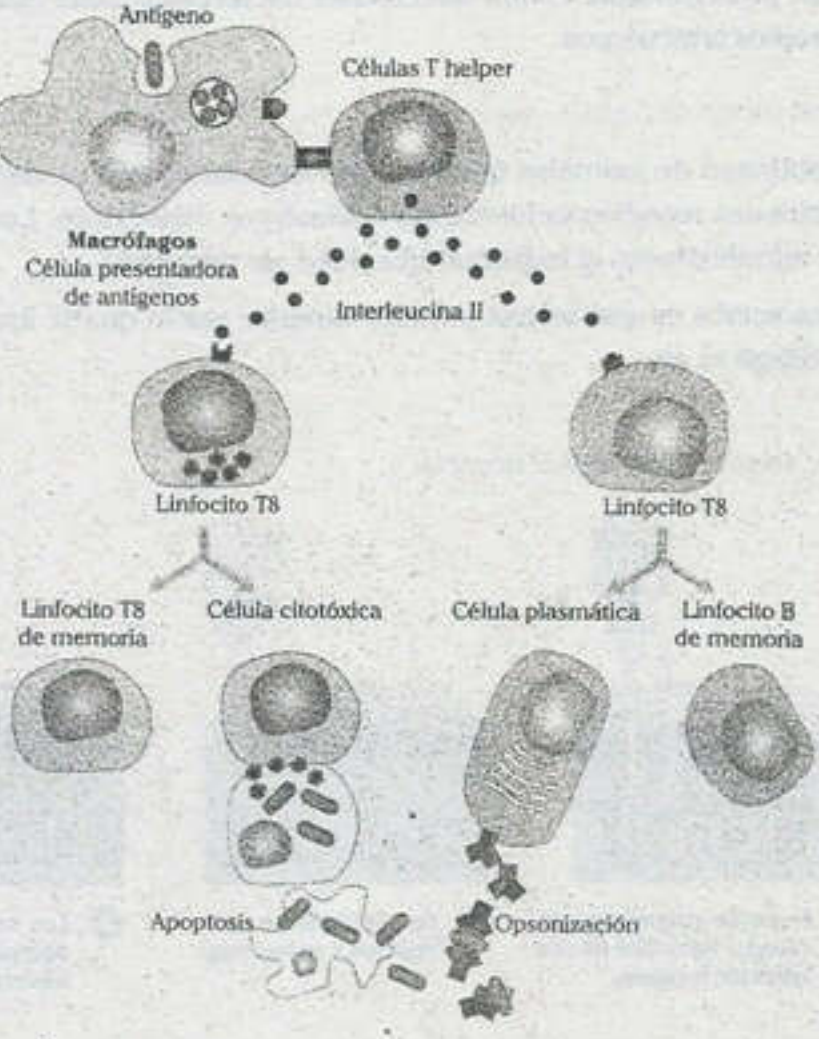
RESPUESTA INMUNE CELULAR



Algunos linfocitos T y B activados en la primera infección, no se diferencian y se convierten en células de memoria que recirculan preparadas para responder a una nueva exposición al antígeno. En una siguiente exposición al mismo antígeno, se desencadena una respuesta más rápida y de mayor magnitud que la respuesta inicial a ese antígeno. La memoria inmunológica ha sido demostrada en muchas infecciones comunes, ya que es rara la situación de una segunda enfermedad en caso de sarampión, parotiditis, varicela, tos convulsiva y otras.

Una de las características primordiales de todas las respuestas inmunitarias es su autolimitación, que se manifiesta porque estas respuestas declinan con el tiempo tras la inmunización. La principal razón para esta autolimitación es que toda respuesta inmunitaria elimina el antígeno que ha iniciado la respuesta y así destruye la señal primaria necesaria para la activación linfocitaria.

PANORAMA GLOBAL DE LA RESPUESTA INMUNE



5. INMUNIZACIÓN

Conjunto de procesos que conducen a la formación de inmunidad.

5.1. INMUNIZACIÓN PASIVA

Consiste en la transferencia de anticuerpos de un individuo a otro. Quien recibe los anticuerpos no desarrolla ninguna respuesta inmune y no forma células de memoria, por tanto el paciente tiene el riesgo de ser infectado por el mismo patógeno, posteriormente. La protección es fugaz, ya que después de un breve lapso los anticuerpos son degradados. La inmunización pasiva puede ocurrir de forma natural o artificial.

5.1.1. Natural: transplacentaria y lactancia

Ocurre cuando los anticuerpos maternos son transferidos al feto a través de la placenta alrededor del tercer mes de gestación. La inmunoglobulina G es el único anticuerpo que puede pasar a través de la placenta.

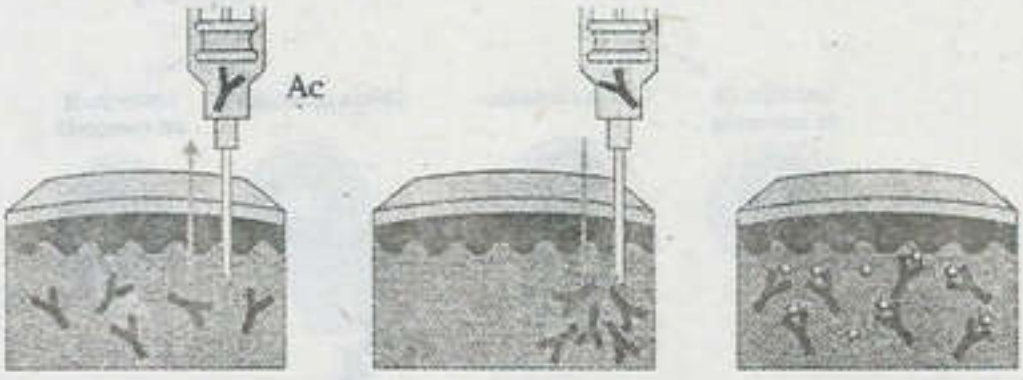
La inmunidad pasiva también es proporcionada a través de la transferencia de anticuerpos de inmunoglobulina A, que se encuentran en la leche materna y que son transferidos al aparato digestivo del bebé, protegiéndole contra infecciones bacterianas hasta que el recién nacido pueda sintetizar sus propios anticuerpos.

5.1.2. Artificial: administración de sueros

Los sueros se obtienen de animales que han sido inoculados con un determinado microbio o su toxina. Estos animales reaccionan formando anticuerpos específicos. Los anticuerpos son extraídos del suero y administrados al individuo que debe ser protegido.

La ventaja de los sueros es que actúan inmediatamente, por lo que se los usa cuando la infección ya ocurrió o el riesgo es alto.

SUERO: INMUNIZACIÓN PASIVA ARTIFICIAL



1. Se extrae sangre con anticuerpos formados en una infección reciente.
2. Se purifican los anticuerpos y se inyectan.
3. Los anticuerpos administrados combaten la infección actual.

5.2. INMUNIZACIÓN ACTIVA

Consiste en la generación de memoria inmunológica como respuesta a la exposición a un antígeno. La protección es a largo plazo y a veces para toda la vida.

La inmunización pasiva puede ocurrir de forma natural o artificial.

5.2.1. Natural: infecciones previas

A consecuencia de una infección previa se desarrollan las células B y las células T de memoria, quienes a lo largo de la vida "recordarán" cada patógeno específico encontrado, y serán capaces de montar una respuesta fuerte si el patógeno se detecta de nuevo. Tal es el caso de la inmunidad frente a la varicela y sarampión.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

17.2.2. Artificial: vacunas

Una vacuna consiste en una preparación de antígenos que han sido modificados para que pierdan patogenicidad, pero conserven su poder de estimular la respuesta inmune. Esto se logra con gérmenes muertos o atenuados, o bien separando y seleccionando de los patógenos determinadas moléculas que funcionan como antígenos.

	Vacunas virales		Vacunas bacterianas	
	Virus enteros	Moléculas virales	Bacterias enteras	Toxoides (toxinas inactivas)
Atenuadas	Polio oral Varicela Sarampión Rubéola Fiebre amarilla		BCG Tifoidea oral Cólera oral	
Inactivas	Gripe Hepatitis A Rabia	Gripe Hepatitis B	Tos ferina Tifoidea parenteral Cólera parenteral	Tétanos y difteria

La vacuna produce en el individuo una respuesta inmune primaria, sin causar enfermedad. Después de un tiempo, el individuo ha generado células de memoria. Si tiene una exposición posterior al antígeno "real", desarrolla la respuesta inmune secundaria, sin llegar a enfermar.

VACUNA: INMUNIZACIÓN ACTIVA ARTIFICIAL

twitter.com/calapenshko

En el Perú, el esquema y el calendario de vacunación es establecido por el Ministerio de Salud y tiene como objetivo mejorar el nivel de salud de la población mediante el control de enfermedades inmunoprevenibles.

ESQUEMA NACIONAL DE VACUNACIÓN

PERÚ | Ministerio de Salud

Vivamos el Cambio

PERÚ PROGRESO PARA TODOS

Vacunación regular

Vacunación menores de 5 años con vacunas completas

Protege a tus niños de las enfermedades

Vacunar a tu hija o hijo es la mejor protección contra más de 23 enfermedades infectocontagiosas infantiles graves, como:

Vacuna Pentavalente

- **Difteria:** Afecta a las amígdalas, garganta, nariz, músculo cardiaco, fibras nerviosas o piel. Puede ser mortal.
- **Tos convulsiva:** También conocida como los ferina o pertusis. Es altamente contagiosa y ocasiona accesos de tos violenta e incontrolable que pueden durar semanas o incluso meses. No confundir con el resfrío común.
- **Tétanos:** Infección que causa una dolorosa contracción muscular por lo general en todo el cuerpo, que impide abrir la boca, deglutir o lactar, se corre el riesgo de morir por sofocación.
- **Hepatitis B:** Virus grave que causa daño al hígado, cáncer, cirrosis hepática.
- **Haemophilus influenza tipo B:** Enfermedad bacteriana muy contagiosa y que puede causar neumonía meningitis.

Polio o Poliomielitis: Puede ocasionar parálisis irreversible. Los síntomas que se presentan son fiebre leve, dificultad para pararse y caminar, dolores musculares y deshidratación severa.

Rotavirus: Es la causa más común de la diarrea grave en lactantes y niños pequeños.

Neumococo: Es una infección de transmisión respiratoria. Puede ocasionar otitis, sepsis, meningitis y neumonías graves en niños menores de 5 años.

Tuberculosis miliar y meningitis tuberculosa: Formas agudas y severas de tuberculosis que pueden ser mortales y que se pueden diseminar al pulmón, hígado, bazo o meninges. Se previene con la vacuna BCG.

Hepatitis B: Infección viral grave muy contagiosa que causa daño o incluso cáncer al hígado.

Fiebre amarilla: Es una enfermedad que causa fiebre alta, coloración amarillenta de la piel e inflamación del hígado. En los casos severos puede provocar hemorragias y muerte.

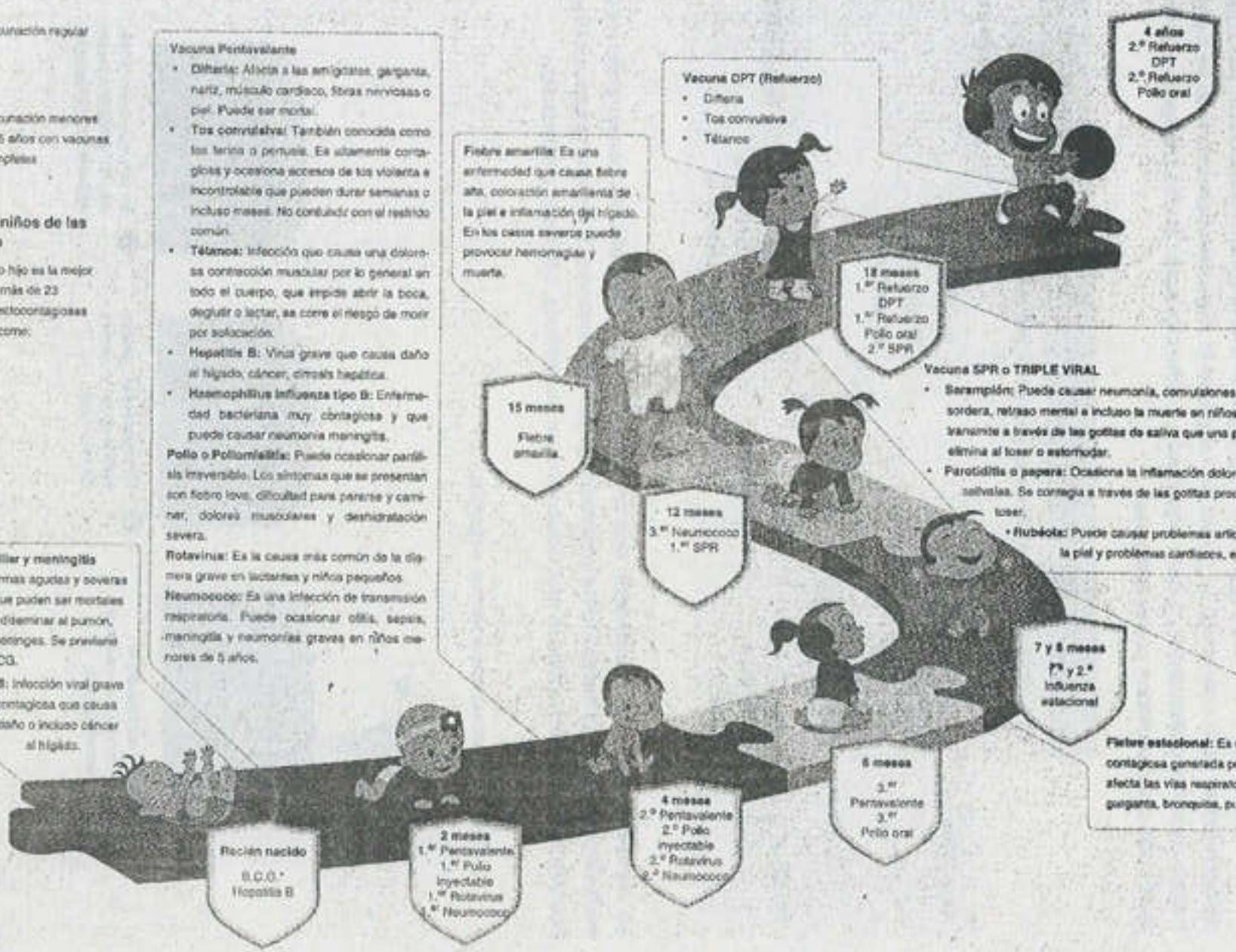
Vacuna DPT (Refuerzo)

- Difteria
- Tos convulsiva
- Tétanos

Vacuna SPR o TRIPLE VIRAL

- **Sarampión:** Puede causar neumonía, convulsiones, encefalitis, ceguera, sordera, retraso mental e incluso la muerte en niños desnutridos. Se transmite a través de las gotitas de saliva que una persona enferma elimina al toser o estornudar.
- **Parotiditis o papera:** Ocasiona la inflamación dolorosa de las glándulas salivales. Se contagia a través de las gotitas producidas al hablar o toser.
- **Rubéola:** Puede causar problemas articulares, lesiones en la piel y problemas cardiacos, entre otros.

Fiebre estacional: Es una enfermedad muy contagiosa generada por un virus que afecta las vías respiratorias (nariz, garganta, bronquios, pulmones).



6. INMUNOPATOLOGÍA

6.1. ENFERMEDADES AUTOINMUNES

De hecho, cuando no se diferencia adecuadamente lo propio de lo ajeno, los mecanismos de defensa se vuelven contra el organismo dando origen a las enfermedades autoinmunes.

Enfermedad autoinmune	Órgano afectado
Esclerosis múltiple	La sustancia blanca del cerebro y de la médula espinal
Artritis reumatoide	Revestimientos de las articulaciones
Diabetes mellitus juvenil	Células secretoras de insulina
Esclerosis lateral miotrófica	Conexiones entre nervios y músculo
Psoriasis	Piel
Lupus eritematoso sistémico	Capilares sanguíneos. Riñones

6.2. HIPERSENSIBILIDAD

En algunos casos, el sistema inmune monta una defensa contra partículas extrañas que no son patógenas. A este fenómeno se lo denomina hipersensibilidad y es la base de los procesos alérgicos. Los individuos alérgicos padecen síntomas que obedecen a una respuesta inmune exagerada contra elementos que en realidad son inocuos. El sistema inmune de la mayoría de los individuos ignora a estos "alergenos" (polen, polvo, ácaros, etc.).

En el tracto respiratorio superior, la respuesta inmunitaria errónea produce estornudos y congestión nasal: rinitis alérgica. En el tracto respiratorio inferior puede causar constricción y obstrucción de los bronquios, participando, por lo tanto, en el desarrollo de síntomas asmáticos.

En el tracto gastrointestinal la actividad inmunitaria provoca a veces náuseas, espasmos abdominales, diarrea y vómitos. Por último, si un alérgeno introducido por cualquier vía llega a la circulación sanguínea puede inducir anafilaxis.

6.3. CÁNCER Y RESPUESTA INMUNITARIA

Las células cancerígenas se parecen a las células normales del cuerpo en muchos aspectos. Aún así, actúan como células extrañas, reproduciéndose rápidamente e invadiendo los tejidos. Además, las células cancerígenas tienen antígenos en su superficie celular que difieren de los antígenos de las células normales y pueden ser identificadas como extrañas por lo que, quizás, el organismo pueda organizar una respuesta inmunitaria.

Cada vez hay más pruebas que indican que el cáncer no solo puede inducir una respuesta inmunitaria, sino que es un hecho que esta se podría producir de modo que las células cancerígenas fuesen suprimidas mucho antes de que se detecte el cáncer. Los cánceres que se desarrollan representarían fallos ocasionales del sistema inmunitario. Por lo tanto, si se refuerza la respuesta inmunitaria, se podrá avanzar en el proceso de lucha contra el cáncer.

Ediciones

6.4. SIDA Y SUS EFECTOS EN EL SISTEMA INMUNE

El VIH infecta a las células con receptores CD4 en su membrana, tales como el linfocito T4 y macrófagos. La activación del VIH causa la muerte de los linfocitos T4, mientras los macrófagos sirven como sus transportadores a diversos lugares del organismo, especialmente al sistema nervioso central. El agotamiento gradual, sostenido y sistemático de la población de estas células CD4+ genera una profunda inmunodepresión, lo cual se correlaciona con el desarrollo de infecciones oportunistas que deterioran la salud del paciente hasta la muerte.

7 ▸ Sistema inmune en animales invertebrados

Un aspecto fundamental en el desarrollo de la inmunidad de los invertebrados es la habilidad de cada especie para distinguir entre lo propio y lo extraño, su sistema inmune es de acción inmediata y con mecanismos inespecíficos de reconocimiento del patógeno, carentes de memoria inmunológica. Sin embargo, su sistema inmune es altamente eficiente.

La inmunidad inespecífica o innata de los invertebrados está conformada por células fagocíticas equivalentes a los macrófagos, tales como los celomocitos y hemocitos. Cuando se ve superada su capacidad fagocítica, bien por encontrarse los patógenos en cantidad excesiva, o por su excesivo tamaño, los fagocitos rodean y encapsulan a los patógenos para impedir su diseminación.

También participan sustancias químicas secretadas como los péptidos antimicrobianos (PAM), las lisozimas y las lectinas, moléculas que tienen un papel crucial para combatir las infecciones.

- En cnidarios, considerados como los primeros organismos multicelulares, además de la producción de *mucus*, presentan amebocitos fagocíticos con capacidad de reconocimiento que no involucran a moléculas del sistema mayor de histocompatibilidad como en los vertebrados. Este reconocimiento protege a los cnidarios coloniales de eventuales fusiones con individuos genéticamente diferentes, además de prevenir el parasitismo. Las respuestas van desde evitar el contacto, hasta la formación de barreras o uso de los nematocistos.
- En moluscos y anélidos presentan celomocitos con capacidad de desarrollar y mantener respuestas defensivas tales como la encapsulación y muerte, así como de realizar quimiotaxis, degranulación y fagocitosis. También secreta lisozimas y péptidos antimicrobianos.

- En insectos poseen hemocitos circulantes con capacidad fagocítica y sustancias químicas como los péptidos antimicrobianos que actúan de forma combinada para eliminar agentes extraños.
- En equinodermos el sistema inmune es uno de los más complejos en los invertebrados, sobre todo en lo relacionado con el reconocimiento de bacterias y otros patógenos. Participan moléculas similares a las proteínas del complemento en vertebrados, también se han encontrado células que compartirían características con los linfocitos T y B que podrían participar en el rechazo de los injertos y en la citotoxicidad. Asimismo, los investigadores han identificado dos genes en el erizo de mar que son bastante semejantes a los genes de vertebrados en la producción de anticuerpos. Este descubrimiento sugiere que algunos invertebrados pueden tener alguna capacidad para lanzar respuestas inmunológicas específicas.
- Así como los invertebrados, los vertebrados dependen de respuestas inmunológicas no específicas para su asalto inicial en la invasión de patógenos. No obstante, sus respuestas inmunológicas específicas rápidamente afinan las respuestas no específicas más generales.

El sistema linfático especializado que ha evolucionado en los vertebrados incluye a células como los linfocitos, glóbulos blancos especializados en transportar respuestas inmunológicas, y órganos como los ganglios linfáticos. Las respuestas inmunológicas específicas, incluyendo la acción por linfocitos y anticuerpos, pueden haber evolucionado en primera instancia en vertebrados con mandíbulas.

Referencias bibliográficas

- FAINBOIM, Leonardo y Jorge GEFFNER. *Introducción a la inmunología humana*. Sexta edición. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2014.
- ROITT, Ivan. *Fundamentos de inmunología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2014.
- TORTORA, Gerard J. y Bryan DERRICKSON. *Principios de Anatomía y Fisiología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2013.

LECTURA

Descubierto un proceso que rejuvenece el sistema inmunitario

El sistema inmunitario –las defensas del organismo– también envejece. En concreto los linfocitos T, que son clave en la detección de organismos extraños para su posterior eliminación, van perdiendo sus propiedades con el tiempo, lo que explica, por ejemplo, por qué las personas mayores son más propensas a adquirir infecciones. El proceso por el que esto ocurre ha sido descrito por un equipo liderado por David Escors, del organismo de investigación Navarrabiomed, lo que permite pensar en trabajar para revertirlo. Lo han publicado en *Nature Immunology*.

El proceso de envejecimiento es más rápido de lo que se piensa. El propio Escors, que midió su sistema inmunitario como parte del trabajo, tenía entre un 35% y un 40% de sus linfocitos T envejecidos a los 37 años, cuando fue analizado (ahora tiene 40).

En el proceso están involucradas varias rutas (el gen p38, la AMPK), lo que ofrece distintas alternativas para actuar sobre ellas. La idea es reactivar el sistema inmunitario para fortalecerlo cuando surge una infección o para activarlo en inmunoterapias contra el cáncer, por ejemplo. De hecho, ya hay fármacos que actúan sobre el p38 (presente en algunos tipos de cáncer).

Otra opción sería usar una terapia génica para modificar los linfocitos y que perdieran la capacidad de envejecer. Por ejemplo, el sensor metabólico AMPK activa el p38, que, a su vez, hace que no se exprese la telomerasa. Esta enzima es clave para mantener la integridad de la información genética en la división celular, y al inhibirla se impide ese proceso. La consecuencia, al no haber envejecimiento, es que no hay mutaciones (cambios en el ADN que dan lugar a comportamientos anómalos de las células), y se detiene el proceso.

El proceso, sin embargo, tiene otra lectura, y lo importante es encontrar el equilibrio. El envejecimiento de los linfocitos y su consecuente inactivación es un mecanismo de protección ante las mutaciones que hayan podido adquirir. Por eso a la hora de rejuvenecerlos hay que tener en cuenta ese aspecto con sus posibles riesgos (una reacción autoinmune, por ejemplo).

http://elpais.com/elpais/2014/12/24/ciencia/1419427621_732915.html

Preguntas resueltas

Pregunta 1

¿Cuál de los siguientes elementos no es parte del sistema de defensa innato, inespecífico del organismo?

A) células *natural killer* (NK)
B) inflamación
C) fagocitosis por neutrófilos
D) fagocitosis por macrófagos
E) anticuerpos

Resolución

Los anticuerpos son parte del sistema de defensa adquirido (específico), secretados por las células plasmáticas en respuesta a la presencia de un antígeno. Este proceso es inducido por interleucinas liberadas por las células T helper.

Clave E

Pregunta 2

¿Cuál de las siguientes es una característica de las etapas iniciales de la inflamación local?

A) constricción de arteriolas
B) fiebre
C) ataque por células citotóxicas
D) liberación de histamina
E) lisis microbiana mediada por anticuerpos y complemento

Resolución

La inflamación es desencadenada por mediadores como la histamina secretada por los leucocitos basófilos y las células cebadas del tejido conectivo. La histamina tiene un efecto vasodilatador, ocasiona que la zona dañada reciba un mayor flujo sanguíneo y un aumento de la permeabilidad capilar. Los síntomas y signos clásicos de la inflamación comprenden: rubor (enrojecimiento), calor, hinchazón y dolor.

Clave D

Pregunta 3

¿Cuál de las siguientes afirmaciones acerca de las célula T helper no es cierta?

A) Actúan tanto en la respuesta inmunitaria mediada por células como en respuestas humorales.
B) Participan en la secreción de anticuerpos.
C) Llevan moléculas de superficie CD4.
D) Están sujetas a infección por HIV.
E) Cuando se activan secretan interleucinas.

Resolución

Los linfocitos T4 denominados Helper o cooperadores ayudan en la inmunidad célular y humoral realizada por los linfocitos T8 y linfocitos B respectivamente. Poseen receptores CD4 en su superficie con la cual se unen al antígeno presentado por el macrófago. Los receptores CD4 también son responsables que puedan ser infectados por el VIH (virus de la inmunodeficiencia humana).

Los linfocitos T4 no participan en la secreción de anticuerpos, esta es tarea de los linfocitos B.

Clave B

Lumbreras Editores

Pregunta 4

¿Cuál de las siguientes relaciones entre las moléculas y sus fuentes es incorrecta?

A) lisozima-lágrimas
B) interferones-células infectadas por virus
C) anticuerpos-células B
D) citocinas-células T citotóxicas
E) citocinas-células T helper

Resolución

Las células citotóxicas son responsables de la inmunidad celular, poseen granzimas y perforinas causantes de la lisis de las células infectadas, y las cuales son liberadas bajo estímulo de las interleucinas secretadas por el linfocito T helper.

Clave D

Pregunta 5

¿Cuál de los siguientes elementos confiere inmunidad a largo plazo?

A) El paso de anticuerpos maternos al feto en desarrollo
B) La respuesta inflamatoria a una astilla
C) La administración de suero obtenido de una persona inmune a la rabia
D) La administración de la vacuna de la varicela
E) El paso de anticuerpos maternos a un lactante

Resolución

La vacuna produce en el individuo una respuesta inmune, sin causar enfermedad. Después de un tiempo, el individuo ha generado células de memoria que le confieren inmunidad a largo plazo. Si tiene una exposición posterior al antígeno "real", desarrolla la respuesta inmune secundaria, sin llegar a enfermar.

Clave D

Pregunta 6

Con la inyección de toxoides se logra inmunidad

A) natural pasiva. B) artificial activa.
C) artificial pasiva.
D) natural activa. E) artificial antiofídica.

Resolución

Un toxoide es una toxina bacteriana cuya toxicidad ha sido atenuada o suprimida por un producto químico (formol) o por efectos del calor, mientras que se mantienen otras propiedades, como su inmunogenicidad. De este modo, cuando se utiliza durante la vacunación (inmunidad artificial activa) se genera una respuesta inmune formando una memoria inmunológica contra la molécula de toxoide, sin producir una enfermedad. Se utilizan toxoides en vacunas contra el tétanos, batulismo o difteria.

Clave B

Pregunta 7

Es una enfermedad del sistema inmune del tipo hipersensibilidad.

A) lupus eritematoso
B) artritis reumatoide
C) alergia
D) esclerosis múltiple
E) psoriasis

Resolución

Cuando el sistema inmune activa una defensa contra partículas extrañas que no son patógenas, se denomina hipersensibilidad y es la base de los procesos alérgicos. Cuando no se diferencia adecuadamente lo propio de lo ajeno, los mecanismos de defensa se vuelven contra el organismo dando origen a las enfermedades autoinmunes.

Clave D

Lumbreras Editores

Pregunta 8

No es una célula hospedera del VIH.

A) macrófagos
B) células T helper
C) células T citotóxicas
D) células cerebrales
E) células T cooperadoras

Resolución

Las células que pueden ser infectadas por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) y convertirse en su célula hospedera, poseen en su superficie los receptores CD4. Comprenden las células T helper o cooperadoras, neuronas cerebrales y macrófagos. Las células T citotóxicas poseen receptores CD8 a los que no se acopla el VIH.

Clave C

Pregunta 9

¿Cúal es la función biológica más probable de los antígenos de histocompatibilidad?

A) la lisis celular
B) la activación del complemento
C) el rechazo de injertos
D) la unión de los anticuerpos
E) la presentación de antígenos

Resolución

Aunque inicialmente se conocieron como los antígenos que provocaban el rechazo de los órganos transplantados, hoy se sabe que las moléculas de histocompatibilidad de la superficie celular tienen como función principal la de unirse a los fragmentos peptídicos de las proteínas extrañas, a fin de presentarlos a las células T específicas de antígeno adecuadas.

Clave E

Pregunta 10

Las diversas moléculas que, desde un punto de vista funcional, poseen la capacidad de estimular respuestas inmunitarias son

A) anticuerpos.
B) antígenos.
C) patógenos.
D) inmunoglobulinas.
E) epítopes.

Resolución

Las diversas moléculas reconocidas como extrañas para el organismo y contra las cuales se desarrolla una respuesta inmune específica se denominan antígenos.

Las partes de estos antígenos que son específicamente reconocidas por determinados linfocitos se llaman determinantes o epítopes.

Clave B

Pregunta 11

Indique cuál de las siguientes opciones son órganos linfáticos secundarios.

A) El bazo y el timo
B) Las amígdalas y la médula ósea
C) El timo y la médula ósea
D) Las placas de Peyer y el bazo
E) La médula ósea y los ganglios linfáticos

Resolución

Los órganos linfoides secundarios comprenden al bazo, ganglios linfáticos y tejidos linfoides asociados a mucosas (amígdalas, apéndice ileocecal, placas de Peyer), donde se produce el encuentro entre los linfocitos y los patógenos, dando inicio a la respuesta inmune específica.

Clave D

Lumbreras Editores

Pregunta 12

Respecto a las células plasmáticas, indique el enunciado correcto.

A) Son células de función principalmente fagocítica.
B) Corresponden a los linfocitos B activados y diferenciados.
C) Son propias de la inmunidad innata.
D) Corresponden a los linfocitos T8 activados.
E) Participan en la inmunidad celular.

Resolución

Las células plasmáticas se originan en los tejidos linfáticos por diferenciación de linfocitos B activados y llegan a los tejidos conjuntivos por la circulación sanguínea. Su función es sintetizar y secretar los anticuerpos, moléculas que pertenecen a una familia de proteínas específicas llamadas inmunoglobulinas.

Clave B

Pregunta 13

Estructuralmente los anticuerpos son clasificados como

A) proteínas simples fibrosas.
B) lipoproteínas globulares.
C) glucoproteínas fibrosas.
D) hemoproteínas globulares.
E) glucoproteínas globulares.

Resolución

Llamados también inmunoglobulinas, los anticuerpos son glucoproteínas globulares secretadas por los plasmocitos que circulan por la sangre y penetran en los fluidos corporales donde se unen específicamente al antígeno que provocó su formación.

Clave E

Pregunta 14

Los monocitos experimentan cambios morfológicos convirtiéndose en

A) células plasmáticas.
B) linfocitos.
C) macrófagos.
D) neutrófilos.
E) eosinófilos.

Resolución

Los macrófagos poseen una alta tasa de fagocitosis, se forman a partir de los monocitos provenientes de la sangre en respuesta a la presencia de daño celular causado por microorganismos.

Clave C

Pregunta 15

¿Cuáles de las siguientes células son especialmente adaptadas a destruir células tumorales?

A) células NK
B) células de plasma
C) neutrófilos
D) células citotóxicas
E) células madre

Resolución

Las células asesinas naturales, también conocidas como células NK (del inglés *natural killer*), son una subpoblación de linfocitos que se caracterizan porque pueden destruir células tumorales en forma espontánea, es decir, sin haber sido sensibilizadas previamente; además, constituyen una de las primeras líneas de defensa contra los microorganismos patógenos invasores, principalmente los virus.

Clave A

Lumbreras Editores

Pregunta 16

¿Cuáles de las siguientes células se vuelven inmunológicamente competentes después de procesarse en la glándula timo?

A) células NK
B) linfocitos T
C) macrófagos
D) células B
E) células de plasma

Resolución

La denominación de los linfocitos T se debe a que su maduración tiene lugar en el timo, órgano linfoide que constituye uno de los controles centrales del sistema inmunitario del organismo.

Pregunta 17

¿Que Ig es transportada de forma selectiva a traves de las mucosas?

A) IgG
B) IgD
C) IgE
D) IgA
E) IgM

Resolución

La inmunoglobulina A es la clase predominante de anticuerpo en las secreciones seromucosas del organismo como saliva, lágrimas, calostro, leche y secreciones respiratorias y gastrointestinales. Es transportada de forma selectiva a través de las mucosas hacia la sangre, en un proceso denominado transcitosis.

Pregunta 18

La IgM humana

A) pasa de la madre al feto a través de la placenta.
B) es típicamente dímera.
C) no tiene capacidad para activar el complemento.
D) es el primer tipo de inmunoglobulina secretada durante una infección.
E) predomina en secreciones orgánicas.

Resolución

Es la inmunoglobulina más grande debido a que interacciona con otras formando un pentámero de alto peso molecular. Es incapaz de atravesar la placenta y es el primer tipo de inmunoglobulina sintetizada en respuesta a una infección.

Pregunta 19

Las citosinas que participan en la defensa del organismo, inhibiendo la replicación viral, se denominan

A) linfocito B.
B) linfocito T.
C) macrófagos.
D) plasmocito.
E) neutrófilo.

Resolución

Cuando algunas células están infectadas por virus u otros parásitos intracelulares (algunos tipos de bacteria, hongos y protozoos), responden secretando citosinas denominadas interferonas. Estas son producidas por macrófagos y participan inhibiendo la replicación viral y activan células NK que poseen acciones antivirales.

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Los linfocitos T asesinos tienen como función

   A) regular los componentes del sistema inmune.
   B) suprimir la respuesta inmunológica.
   C) sintetizar anticuerpos.
   D) destruir la célula infectada.
   E) activar la respuesta inmunológica humoral.

2. La generación de anticuerpos, utilizando productos de organismos patógenos muertos por radiación ultravioleta, origina inmunidad

   A) pasiva natural.
   B) activa artificial.
   C) activa natural.
   D) pasiva artificial.
   E) antiofídica artificial.

3. Cuando una bacteria patógena consigue superar la primera línea de defensa, por ejemplo la piel, es detectada y atacada por los

   A) fagocitos y macrófagos.
   B) linfocitos T y plasmocitos.
   C) granulocitos y linfocitos.
   D) monocitos y plasmocitos.
   E) granulocitos y macrófagos.

4. Son proteínas solubles que también participan en la respuesta inmunológica.

   A) protrombina
   B) citoquinas
   C) antígenos
   D) histoquinas
   E) fibrinógeno

5. En el caso de la rabia se recomienda inmunización ....., solo a individuos que tuvieran riesgo profesional como médicos veterinarios, personal de laboratorios especializados, taxidermistas y guardabosques.

   A) activa natural
   B) activa artificial
   C) pasiva natural
   D) pasiva artificial
   E) artificial activa

6. La vacuna triple brinda inmunización a los lactantes contra:

   A) difteria, tuberculosis y parotiditis.
   B) rubéola, pertussis y tétanos.
   C) polio, sarampión y rubéola.
   D) difteria, pertussis y polio.
   E) difteria, tos convulsiva y tétanos.

7. El programa de vacunación contempla vacunas a los niños antes de los cinco meses de edad, entre los cuales tenemos:

   A) sarampión y rabia.
   B) sarampión y TBC.
   C) sarampión y polio.
   D) polio y difteria.
   E) polio y rabia.

8. La vacunación es la mejor prevención para enfermedades como ..... y ..... .

   A) la verruga - la rabia
   B) la ascariosis - la hidatidosis
   C) el sarampión - la tos ferina
   D) la sífilis - la tos ferina
   E) la malaria - la sarna

Lumbreras Editores

9. Son considerados órganos linfoides primarios.

A) el timo y la médula ósea
B) el timo y el bazo
C) el bazo y el hígado
D) los nódulos linfáticos y el bazo
E) el tiroides y el páncreas

10. El proceso por el cual un organismo resiste la invasión de patógenos por medios naturales (sin producción de anticuerpos) se denomina inmunidad

A) humoral. B) innata.
C) natural.
D) adquirida. E) pasiva.

11. ¿Qué comprende el sistema inmune innato?

A) barreras físicas
B) barreras químicas
C) células fagocitarias
D) macrófagos
E) todas las anteriores

12. La actividad antibacteriana de la lisozima se debe a

A) que hidroliza al peptidoglicano.
B) su acción sobre los lipopolisacáridos.
C) que inhibe la síntesis proteica.
D) que desorganiza la membrana bacteriana.
E) su efecto sobre el cromosoma.

13. La secreción ácida del estómago es un ejemplo de

A) inmunidad específica.
B) inmunidad celular.
C) inmunidad humoral.
D) inmunidad innata.
E) inmunidad adquirida.

14. La fagocitosis es un proceso del sistema inmunológico caracterizado por

A) estar dirigida por los linfocitos.
B) ser realizado por neutrófilos y macrófagos.
C) corresponder a la inmunidad de tipo humoral.
D) ser realizado solo por macrófagos.
E) ser activado por acción de interleucinas.

15. Señale la característica que no corresponde a la inmunidad adaptativa.

A) Los principales protagonistas de esta respuesta son los linfocitos y los anticuerpos.
B) En ella se presenta la formación de células de memoria.
C) Se divide en inmunidad humoral y celular.
D) Reacciona ante la presencia de un antígeno ingresado al cuerpo.
E) Comprende al proceso inflamatorio.

16. Células responsables de la respuesta inmunitaria específica.

A) macrófagos B) histiocitos
C) linfocitos
D) eosinófilos E) neutrófilos

17. Señale las características que tiene la inmunidad adaptativa humoral.

I. Está dirigida por los linfocitos B.
II. Los anticuerpos son producidos por los linfocitos T.
III. Las inmunoglobulinas participan en la opsonización.

A) solo I B) solo II C) I y II
D) I y III E) I, II y III

Lumbreras Editores

18. Con respecto a los anticuerpos es posible afirmar que

I. se producen en la médula ósea roja.
II. se producen ante la presencia de sustancias extrañas al cuerpo.
III. están presentes en la respuesta inmune específica.

A) I B) I y II C) I y III
D) II y III E) I, II y III

19. En el adulto, la diferenciación de células B ocurre en

A) las amígdalas.
B) el tejido linfoide asociado al tubo digestivo.
C) el bazo.
D) los ganglios linfáticos.
E) la médula ósea.

20. Los linfocitos B son los únicos leucocitos maduros capaces de sintetizar

A) prostaglandinas.
B) proteínas del complemento.
C) interferón.
D) interleucinas.
E) inmunoglobulinas.

21. La discriminación de subpoblaciones de linfocitos se basa en

A) su densidad en gradientes.
B) su morfología y tamaño.
C) tinciones específicas.
D) la función y los antígenos de superficie.
E) las enzimas que contienen.

22. La inmunoglobulina humana de mayor concentración sérica media es la

A) IgM. B) IgG. C) IgA.
D) IgD E) IgE.

23. ¿Cuál de las siguientes inmunoglobulinas pasa la barrera placentaria?

A) IgM B) IgG C) IgA
D) IgD E) IgE

24. La inmunidad que transmite la madre al niño a través de la vía placentaria o de lactancia materna es

A) natural y activa.
B) natural y pasiva.
C) artificial y activa.
D) artificial y pasiva.
E) artificial.

Lumbreras Editores

JORDY EDWING HIDALGO GAMONAL

CAPÍTULO XXVII

ENFERMEDADES VIRALES

Objetivos

- Conocer la estructura de los virus y su importancia en la salud del hombre.
- Conocer la clasificación de los virus según diferentes criterios.
- Comprender la importancia de la vacunación y la prevención de las principales enfermedades virales.

Introducción

En numerosas ocasiones hemos padecido de un resfriado común, nos duele la cabeza, estornudamos y una secreción acuosa y transparente emana de nuestras fosas nasales; acudimos a la farmacia más cercana para comprar algún medicamento que nos cure inmediatamente, pero no sabemos que los síntomas de esta enfermedad se deben a un agente infeccioso muy pequeño denominado virus y que los fármacos que nos venden solo son para atenuar los síntomas mencionados, ya que no existe ningún medicamento que pueda matar un virus.

Los virus no tienen vida, ya que carecen de estructura celular y metabolismo propio. Son causantes de enfermedades tan sencillas como un resfriado común, hasta de temibles pandemias como el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (sida) que ha disminuido la población humana.

En este capítulo conoceremos las características más importantes de los virus, además identificaremos las principales enfermedades causadas por estos agentes que han acompañado al ser humano desde los inicios de su evolución.

1.1. EVIDENCIAS DE ENFERMEDADES VIRALES EN LA ANTIGUEDAD

Si analizamos las obras de Homero encontramos a Teucro, el mejor arquero griego, quien usaba diestramente el arco y flecha que le regaló el dios Apolo en la guerra contra los troyanos; sin embargo, no pudo herir a su primo, el valiente Héctor, a quien llamaba "perro rabioso". Nos damos cuenta que la rabia, así como otras enfermedades virales son descritas desde los tiempos inmemoriales.

Una descripción de la rabia más detallada la encontramos en el libro *De medicina*, escrito por el médico romano Cornelio Celso en el siglo I d.n.e. Hay una frase en el libro que llama la atención: "...especialmente en los casos en que el perro es rabioso, el virus debe ser drenado con una ventosa de vidrio...". Es importante resaltar que Celso utilizó el término virus para denotar al causante de la rabia, obviamente sin los conocimientos de virología. Después de Celso, el término virus se utilizó durante siglos como sinónimo de veneno, siglos después adquirió el significado de agente infeccioso.

Jeroglífico del antiguo Egipto donde se evidencia sacerdotes con extremidades atrofiadas debido a la poliomielitis

Esto nos hace reflexionar que la rabia y otras enfermedades virales son tan antiguas como la historia de la humanidad, incluso podemos observar jeroglíficos del antiguo Egipto representando sacerdotes con las extremidades inferiores atrofiadas por la poliomielitis. Recién a inicios del siglo pasado se demostró que la poliomielitis es una enfermedad causada por un virus que afecta el sistema nervioso, que es altamente contagiosa, y que en su transmisión juega un rol importante las heces del paciente.

La viruela era una enfermedad con miles de años de antigüedad. Se tiene evidencia de ella en momias egipcias (3000 años a.n.e.) y durante siglos la humanidad fue devastada por sucesivas epidemias tal como lo demuestran los libros de medicina de la antigua cultura China e India (1500 a.n.e.).

En el siglo XVII, la viruela asoló a la población europea, expandiéndose rápidamente, matando y desfigurando a millones de personas. Era una enfermedad tan mortal que se prohibía poner nombres a los niños hasta que contrajesen la enfermedad y sobreviviesen a ella. Después de castigar severamente el viejo mundo, llegaría a nuestro continente aparentemente durante la época de la invasión española, propagándose velozmente y diezmando la población andina.

Después de un exitoso programa de vacunación a nivel mundial, se logró erradicar la enfermedad, el último caso ocurrido en forma natural fue en Somalia, en el año 1977. Una vez que la enfermedad se erradicó en todo el mundo, se suspendió la vacunación, no había necesidad de prevenirla. Solo quedan dos muestras del virus de la viruela que se mantienen en estado criogénico en el laboratorio del Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC) en Atlanta, Estados Unidos.

1.2. EVIDENCIAS DE ENFERMEDADES VIRALES EN LA ACTUALIDAD

Los virus son agentes patógenos que atacan de manera rápida y letal. Según el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC) de Estados Unidos, cientos de patógenos nuevos continuamente aparecen o resurgen después de un tiempo.

Un ejemplo claro de una enfermedad emergente es la del Ébola. El primer brote de esta enfermedad fue el año 1976 en Zaire, actualmente República del Congo. Se trataba de Mabalo Lokela, un profesor que presentaba episodios de fiebre muy alta. Fue diagnosticado como un caso de paludismo y se le administró quinina sin encontrar evidente mejoría. Los síntomas del profesor Lokela empeoraron, presentando vómitos incontrolables, diarrea sanguinolenta, cefalea, mareos y disnea. Días después empezó a sangrar por la nariz, boca y ano, muriendo luego de dos semanas de iniciar los síntomas.

En 1995 volvieron a aparecer nuevamente en Zaire numerosos pacientes con los mismos síntomas, el personal de salud no reconoció de inmediato los síntomas pensando que era disentería y al sospechar que se trataba de algo más grave, enviaron la muestra de sangre de algunos pacientes a los laboratorios del CDC en Atlanta, Estados Unidos. A los pocos días se confirmó la presencia del virus del Ébola.

Personal de salud evitando contagiarse con el virus del Ébola.

Otra enfermedad que afectó a la población mundial en los últimos años es la gripe. Sabemos que es una enfermedad viral, fastidiosa y pasajera, sin embargo hace años atrás algunos países padecieron terribles pandemias causadas por ciertos tipos de virus de la gripe. La aparición de una epidemia es motivo de alarma, no solo para la región afectada sino también para las regiones vecinas, ya que es altamente contagiosa y trae consecuencias devastadoras como infecciones oportunistas, en especial la neumonía (que es una infección bacteriana), dañando seriamente la salud y la economía del país afectado.

En 1918, España padeció la gran epidemia de gripe aviar causada por el virus AH1N1, causando la muerte de más de 50 millones de personas en todo el mundo.

1.3. INICIOS DE LA VIROLOGÍA

La virología es una rama de la microbiología que se encarga del estudio de los virus, su estructura, clasificación, origen, evolución, forma de infectar a las células y las enfermedades que causan. También comprende las técnicas para su aislamiento, cultivo y uso en investigación y terapia.

La palabra virus tiene muchos siglos de existencia y su uso ha variado a lo largo del tiempo, proviene del latín *virus* que significa veneno o sustancia tóxica. Recordemos que la viruela castigó severamente la población europea del siglo XVIII. Cuenta la historia que el músico austriaco Wolfgang Amadeus Mozart padeció de viruela cuando era joven, al parecer se contagió en uno de sus muchos viajes que hizo por Europa, pero no murió a causa de este temible virus.

Se conocía desde entonces que la viruela era una enfermedad que se contagiaba al tocar la piel de los enfermos. También se sabía que los agricultores, ganaderos y personas que trabajan regularmente con vacas o caballos no padecían la enfermedad durante las epidemias de viruela.

Edward Jenner

En 1796, época de la mayor expansión de la viruela en Europa, el médico inglés Edward Jenner observó que las recolectoras de leche adquirían una forma de viruela similar a la que padecían las vacas, debido al continuo contacto con estos animales. Observó además que estas personas ya no padecían de la temible viruela que afectaba normalmente a las demás personas.

Actualmente sabemos que la viruela de la vaca (viruela vacuna) es causada por un virus similar a la mortífera viruela del humano. La historia narra que Jenner tomó viruela vacuna de la mano de la joven lechera Sarah Nelmes e inoculó este fluido por medio de una inyección al brazo de un niño. El pequeño mostró síntomas leves de la infección de viruela de la vaca. Meses más tarde, después que el niño se recuperó por completo, Jenner le inyectó viruela humana sin que logre afectarle. El sistema inmunitario del niño al ponerse en contacto con el virus de la viruela vacuna, elaboró anticuerpos que lo protegieron también del virus de viruela humana. Era el inicio oficial de la vacunación. Jenner utilizó el término vacuna del latín *Variola vaccinia* que significa viruela de la vaca. En el siglo XIX, los médicos ingleses Thomas Sydenham y Giovanni Lancisi proponen la teoría miasmática de la enfermedad, según la cual las enfermedades se debían a los miasmas, considerados como emanaciones fétidas de suelos y aguas impuras. Estas ideas fueron reemplazadas por la teoría microbiana de la enfermedad propuesta por el médico alemán Robert Koch, en 1875, el cual propone que un microorganismo determinado era el responsable de la enfermedad y que además podía pasar de un ser vivo a otro.

En 1892, el microbiólogo ruso Dmitri Ivanovski estudió el mosaico del tabaco, que es una enfermedad que afectaba a la planta del tabaco. Se manifiesta por la formación de un diseño con forma de mosaico sobre las hojas que contagia rápidamente a otras hojas del tabaco.

Hojas de tabaco infectadas con virus del mosaico del tabaco (VMT).

Ivanovski tuvo la idea de sumergir unas hojas infectadas en un líquido para que se ablande e hizo pasar este líquido a través del filtro de Chamberland, el cual retenía bacterias. Si el filtrado no infectaba a las plantas de tabaco sanas, podría concluir que el agente era una bacteria, que aún no podía identificar. Pero ocurrió que el líquido filtrado sí infectaba a las plantas sanas. Concluyó que el agente que causaba la enfermedad del mosaico del tabaco era mucho más pequeño que las bacterias.

En 1899, el microbiólogo holandés Martinus Beijerinck, repitió el experimento de Ivanovski y no dudó que el agente era filtrable, además observó que el pequeño agente era como un veneno que solo se replicaba dentro de células en división, por ese motivo el agente fue denominado *contagium vivum fluidum* y reintrodujo el término virus.

Beijerinck aseguraba que los virus eran de naturaleza líquida, pero esta idea fue descartada muchos años después por el bioquímico estadounidense Wendell Stanley, quien demostró que en realidad eran partículas sólidas cristalizables.

A finales del siglo XIX, los virus se definían como agentes infecciosos, filtrables y que necesitaban estar en organismos vivos para poder replicarse.

En 1931, los ingenieros alemanes Ernst Ruska y Max Knoll inventaron el microscopio electrónico y obtuvieron las primeras imágenes de los virus. En 1935 Wendell Stanley examinó el virus del mosaico del tabaco y descubrió que estaba compuesto de proteínas. Posteriormente, en 1955 la biofísica inglesa Rosalind Franklin descubrió la estructura completa del virus, es decir, estaba formado por proteínas y por ARN.

Actualmente, sabemos que los virus son parásitos no solo de humanos sino de otros organismos vivientes y que solo pueden replicarse dentro de las células que invaden. No existe un tratamiento específico para destruir un virus, ya que no son seres vivos. Sin embargo, nuestro organismo utiliza una serie de mecanismos para evitar la replicación viral.

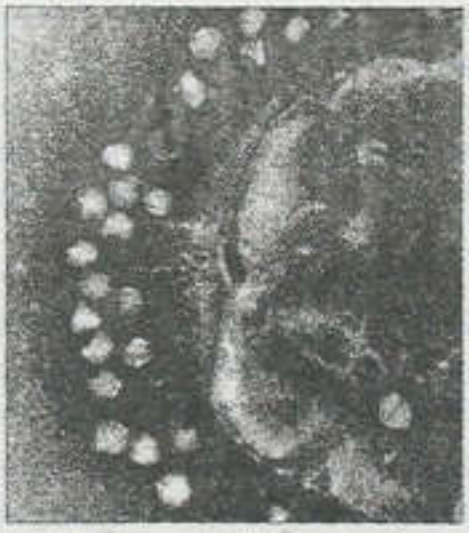
Las enfermedades virales son extremas, hay tan simples como un resfriado común que viene y se va sin causar la muerte del paciente, mientras que otras como el sida han ocasionado la muerte de millones de personas a nivel mundial. Las mejoras en salud pública e higiene personal contribuyeron en forma muy efectiva a controlar la diseminación de las enfermedades virales. Sin embargo, las vacunas tienen un papel primordial en la prevención de las enfermedades virales en el hombre y en los animales.

Lumbreras Editores

2▸ ¿QUÉ SON LOS VIRUS?

Son asociaciones supramoleculares formadas por proteínas y algún tipo de ácido nucleico, carentes de metabolismo propio. No se alimentan, no se relacionan y para replicarse utilizan la maquinaria enzimática de las células a las que parasitan. Su simplicidad morfofuncional y su tamaño diminuto los convierte en parásitos intracelulares estrictos de células animales, vegetales y bacterias. Los virus presentan las siguientes características:

- Son estructuras acelulares, siendo inactivos cuando se encuentran fuera de la célula.
- Contienen solo un tipo de ácido nucleico: ADN o ARN.
- Contienen una cubierta proteica llamada cápside que rodea el ácido nucleico.



Los virus denominados fagos son tan pequeños que pueden infectar bacterias.

- Carecen de metabolismo propio y estructura celular. Solamente se replican dentro de las células vivas usando la maquinaria metabólica de dicha célula pues carecen de las enzimas para producir energía.

Cuando nos referimos a que los virus no tienen metabolismo propio, quiere decir que requieren obligatoriamente una célula hospedadora para sintetizar sus componentes virales. De esto se concluye que los virus no pueden formar otros virus cuando se encuentran en el exterior de una célula, sin embargo, es importante señalar que algunas bacterias del género *Rickettsia* y *Chlamydia* son considerados organismos vivos a pesar de tener la misma limitación.

3▸ Origen de los virus

El análisis molecular del virus sugiere que estos agentes coevolucionaron con los organismos a quienes infectaban, debido a que los virus son parásitos intracelulares estrictos requieren de la supervivencia de la célula para poder asegurar su propia supervivencia, y es que muchos virus no causan enfermedades en sus hospederos naturales.

Los virus producen enfermedades severas solo cuando infectan a organismos diferentes a sus hospederos naturales. Esto quiere decir que los virus asociados a enfermedades son agentes que están en un lento proceso de adaptación a su nuevo hospedero y que una vez lograda dicha adaptación, el virus hará lo posible para permanecer y propagarse sin necesidad de afectar al organismo hospedero. El origen de los virus es incierto, puesto que no existen restos fósiles de ellos. Sin embargo, se proponen algunas teorías que intentan explicar su origen a partir de análisis de sus ácidos nucleicos.

4▸ Estructura de los virus

4.1. Composición química viral

Los virus viajan de una célula a otra en forma de viriones. Un virión es una partícula vírica completa que se encuentra fuera de la célula. Está compuesta por un tipo de ácido nucleico rodeado por una cubierta proteica llamada cápside que sirve como vehículo para la transmisión de una célula a otra y para proteger al virión del medioambiente. Algunos virus presentan además una envoltura lipoproteica alrededor de la cápside. Los virus que carecen de envoltura se denominan virus desnudos. Un virus en su estadio extracelular presenta las siguientes partes:

4.1.1. Genoma viral

Es el ácido nucleico que contiene la información genética. El virus presenta solo un tipo de ácido nucleico o bien ADN o bien ARN, jamás los dos juntos. Los seres vivos tenemos, por el contrario, los dos ácidos nucleicos en nuestras células.

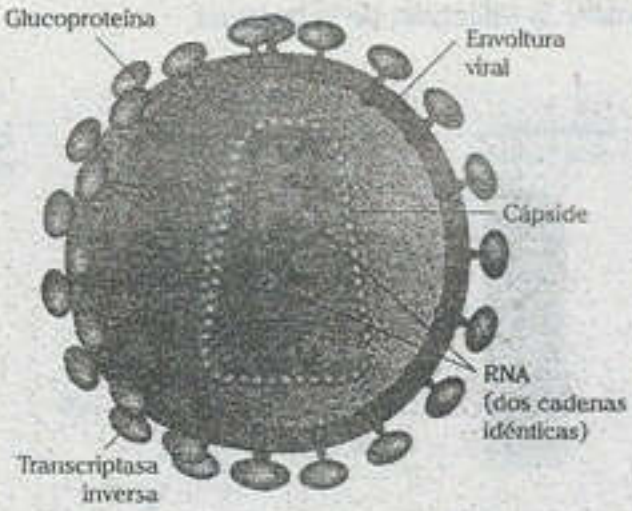
El ácido nucleico de un virus puede ser de cadena única o de cadena doble. Esto quiere decir que algunos virus pueden tener ADN bicatenario y otros ADN monocatenario. Otros virus pueden tener ARN monocatenario y otros ARN bicatenario. En algunos virus el ADN es de tipo lineal, en otros de tipo circular.

Los ácidos nucleicos de los virus están rodeados por una cubierta proteica denominada cápside, todas están compuestas de subunidades proteicas a las cuales se les denomina capsómeros, que se unen entre sí por fuerzas intermoleculares. La cápside puede estar formada de una o varias capas de capsómeros.

Algunos virus pueden presentar dentro de su cápside proteínas enzimáticas que participan en procesos como la transcripción y retrotranscripción de su material genético y en la síntesis de proteínas aglutinantes que interactúan con receptores celulares, permitiendo el ingreso a la célula hospedadora.

Es una estructura opcional. Se encuentra rodeando la cápside de ciertos virus. Su naturaleza y estructura corresponden a las membranas celulares, adquirida por los virus mientras son liberadas de la célula hospedadora, en otros casos las envolturas virales provienen del aparato de Golgi o el núcleo.

Dependiendo del virus, la envoltura puede o no estar recubierta por espículas, que son glicoproteínas complejas que se proyectan hacia fuera en la superficie de la envoltura. Algunos virus se asocian a las células hospedadoras a través de estas espículas. Estas permiten la identificación de algunos virus.



Estructura del VIH, el retrovirus que causa el sida. Las glucoproteínas de la envoltura permiten que el virus se una a receptores específicos sobre ciertos leucocitos.

La mayoría de virus tienen envoltura, y se les denomina virus envueltos, solo unos cuantos virus de animales, vegetales y los bacteriófagos carecen de envoltura, a estos últimos se les denomina virus desnudos. El término nucleocápside se emplea para referirse a la cápside y el genoma viral integrados.

4.2. MORFOLOGÍA VIRAL

Según la estructura de la cápside observada en fotografías al microscopio electrónico y por cristalografía de rayos X, los virus pueden ser clasificados en diferentes tipos:

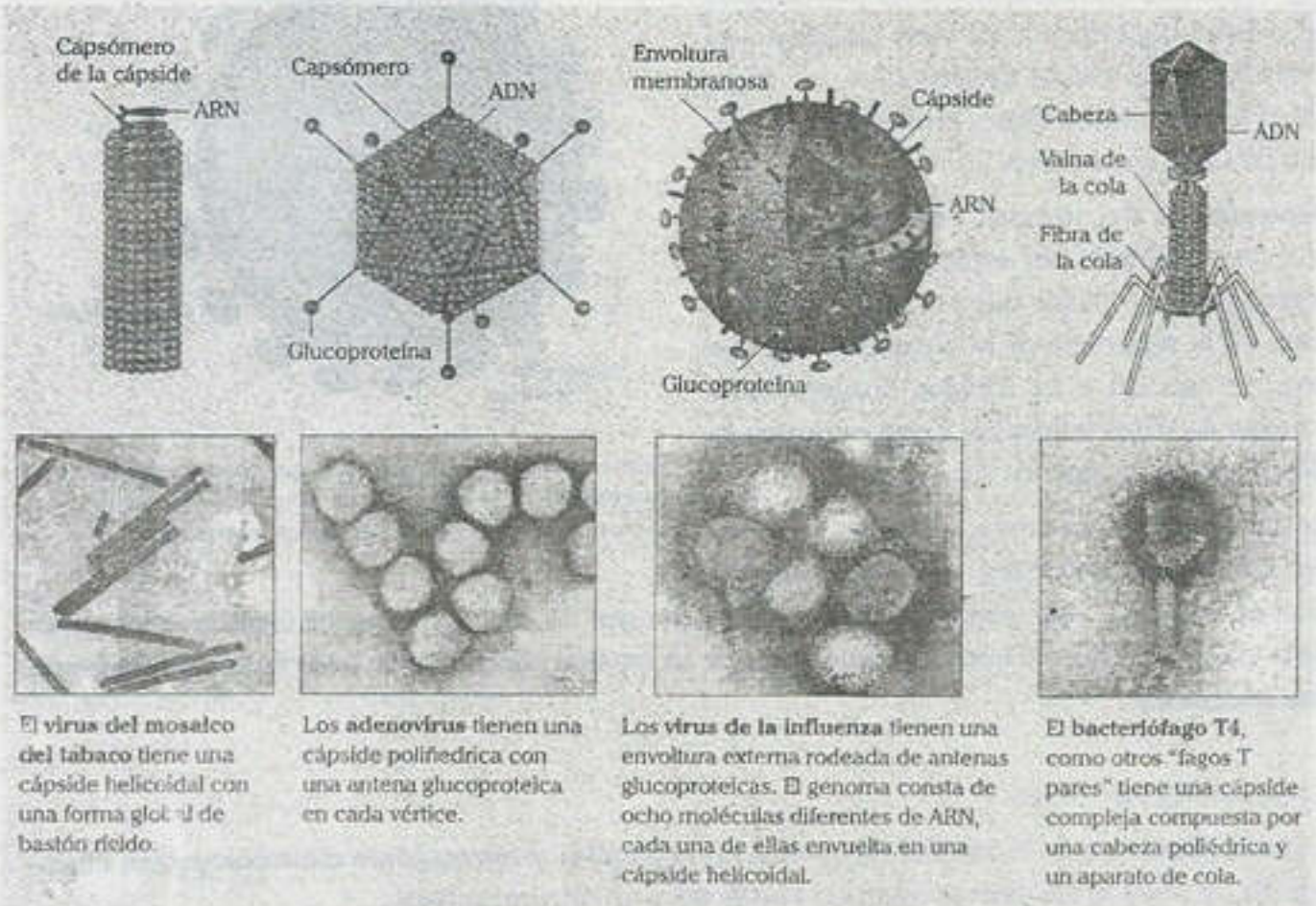
4.2.1. Virus helicoidales

La cápside tiene la forma de un cilindro alargado que puede ser rígido o flexible. El material genético se encuentra en la parte central del cilindro. Son ejemplos el virus del mosaico del tabaco (VMT) y el bacteriófago M13.

La cápside tiene la forma de un icosaedro, una figura geométrica formada por veinte caras. Los capsómeros de cada una de las caras forman un triángulo equilátero. Son ejemplos el adenovirus, el poliovirus y el virus del papiloma humano.

Están formados por estructuras helicoidales e icosaédricas. Un ejemplo de ellos son los fagos llamados también bacteriófagos (virus que atacan a bacterias). La cápside o cabeza del fago es una cubierta protectora para el ácido nucleico.

Algunos fagos muestran una cola con simetría helicoidal unida a su cabeza. La cola es una estructura proteica que forma un tubo hueco a través del cual el ácido nucleico pasa a la bacteria durante la infección. En los fagos más complejos como el T4, la cola se rodea de una estructura contráctil durante la infección de la bacteria.



El **virus del mosaico del tabaco** tiene una cápside helicoidal con una forma global de bastón rígido.

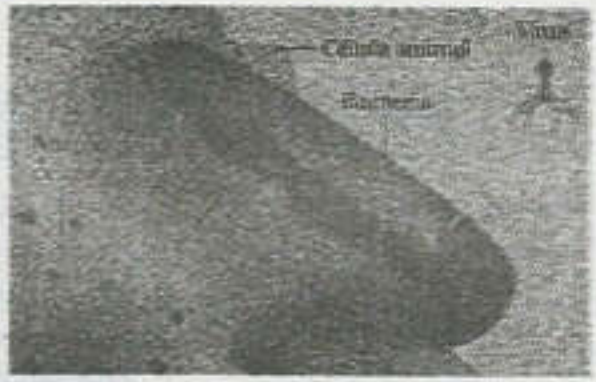
Los **adenovirus** tienen una cápside poliédrica con una antena glucoproteica en cada vértice.

Los **virus de la influenza** tienen una envoltura externa rodeada de antenas glucoproteicas. El genoma consta de ocho moléculas diferentes de ARN, cada una de ellas envuelta en una cápside helicoidal.

El **bacteriófago T4**, como otros "fagos T pares" tiene una cápside compleja compuesta por una cabeza poliédrica y un aparato de cola.

Wendell Stanley demostró, en 1935, que los virus son cristalizables. Esto quiere decir que las partículas virales en su estadio extracelular tienen formas geométricas definidas y que son idénticas entre sí, lo cual los asemeja a los minerales.

Su diminuto tamaño explica lo tardío de su descubrimiento. Hoy en día el tamaño de los virus se determina ya sea por ultracentrifugación o bien por microscopía electrónica que es la técnica que ofrece mejores resultados. Los virus varían de tamaño oscilando desde los 30 nanómetros, como el virus de la fiebre aftosa, a los 300 nanómetros, de los poxvirus.



5. Clasificación de los virus

El carácter polifilético de los virus imposibilita usar los criterios de clasificación y nomenclatura propuestos por Carlos Linneo. Los virus se pueden clasificar según el ácido nucleico, la forma de la cápside, la presencia o ausencia de envoltura, el órgano afectado, etcétera.

5.1. Según el tipo de ácido nucleico

5.1.1. Virus ADN

Puede ser monocatenario (formado por una hebra de ADN), como por ejemplo el parvovirus B19 y en muchos bacteriófagos, o bicatenario (formado por dos hebras de ADN), como por ejemplo los adenovirus, herpesvirus y bacteriófagos T4.

5.1.2. Virus ARN

Puede ser monocatenario, como por ejemplo en los poliovirus, rabdovirus, virus de la influenza o VIH. También puede ser bicatenario, como en los reovirus (ejemplo: rotavirus).

5.2. Según el órgano afectado

Se basa en la afinidad que tienen los virus por células específicas de los tejidos humanos. Es un criterio práctico que nos permite asociarlos a las enfermedades que causan en las personas.

Tipo de virus	Órgano afectado	Ejemplos
Dermotrópico	Piel y mucosas	Herpes, viruela, varicela, sarampión, rubéola, verrugas, papiloma humano.
Neumotrópico	Aparato respiratorio	Gripe
Neurotrópico	Sistema nervioso	Rabia, poliomielitis
Adenotrópico	Glándulas	Parotiditis
Linfotrópico	Órganos linfoides	VIH, mononucleosis infecciosa
Viscerotrópico	Vísceras	Hepatitis
Flebotrópico	Vasos sanguíneos	Dengue, ébola
Enterotrópico	Intestinos	Rotavirus

Lumbreras Editores

5.3. CLASIFICACIÓN SEGÚN GENOMA Y FAMILIA VIRAL

VIRUS ADN	VIRUS ARN	
Parvoviridae parvovirus	***Picornaviridae*** rinovirus virus de la hepatitis A poliovirus enterovirus coxsackie A y B echovirus	***Orthomixoviridae*** virus de la gripe
Papovaviridae papilomavirus poliomavirus virus JC virus BK	***Reoviridae*** reovirus rotavirus fiebre de la garrapata del colorado	***Paramixovibridae*** virus parainfluenza virus del sarampión virus de la parotiditis virus sincitial respiratorio
Adenoviridae adenovirus	***Togaviridae*** virus de la rubéola virus de la fiebre amarilla	***Rhabdoviridae*** virus de la rabia
Hepadnaviridae virus de la hepatitis B	***Retroviridae*** HTLV lentivirus HIV 1 y 2	***Filoviridae*** virus de marburgo virus del Ébola.
Herpesviridae virus del herpes simple 1 virus del herpes simple 2 virus del herpes tipo 3, 4, 5, 6, 7 y 8	***Arenaviridae*** virus de la coriomeningitis linfocítica virus junín (fiebre hemorrágica argentina) virus Mapucho (fiebre hemorrágica Bolivia) virus de la fiebre de Lassa	***Flaviviridae*** virus de la encefalitis de San Luis virus de la fiebre amarilla virus del dengue virus de la fiebre del Nilo occidental (*west nile*) virus de la encefalitis europea virus de la hepatitis C
Poxviridae virus de la viruela virus de la vaccinea molusco contagioso	***Caliciviridae*** agente Norwalk virus de la hepatitis E	***Coronaviridae*** coronavirus

CICLO DE INFECCIÓN VIRAL

Los viriones o partículas víricas en su estadio extracelular no realizan ninguna actividad fisiológica, por lo que no elaboran proteínas ni utilizan energía, es decir, son estructuras inertes. Una vez que los virus infectan las células hospedadoras, se multiplican de diversas formas, utilizando la maquinaria enzimática de la célula víctima. Sin embargo, en casi todos los ciclos de replicación viral ocurren cinco pasos básicos:

- **Adsorción.** El virus se une a la célula hospedadora en forma específica mediante moléculas que reconocen químicamente a ciertos complejos moleculares de tipo proteico, lipoproteico y glucoproteico en la superficie de la célula y se unen a ellos en forma estable.
- **Penetración.** Puede penetrar todo el virus o solo su material genético al citoplasma de la célula. Los virus bacteriófagos inyectan su ácido nucleico, la cápside se queda en el exterior.
- **Replicación y síntesis.** El genoma viral induce a la célula hospedadora a elaborar muchas copias de los ácidos nucleicos y proteínas virales incluyendo enzimas virales.
- **Ensamblaje.** El genoma viral y las proteínas virales se organizan como nuevas partículas infecciosas.
- **Liberación.** Por diferentes mecanismos las nuevas partículas virales son liberadas de la célula.

Existen dos sistemas de replicación viral, el ciclo lítico y el ciclo lisogénico. Explicaremos las diferencias en un virus bacteriófago, cuyo genoma es una molécula de ADN de doble hebra.

Pasos del ciclo lítico

CICLO LÍTICO

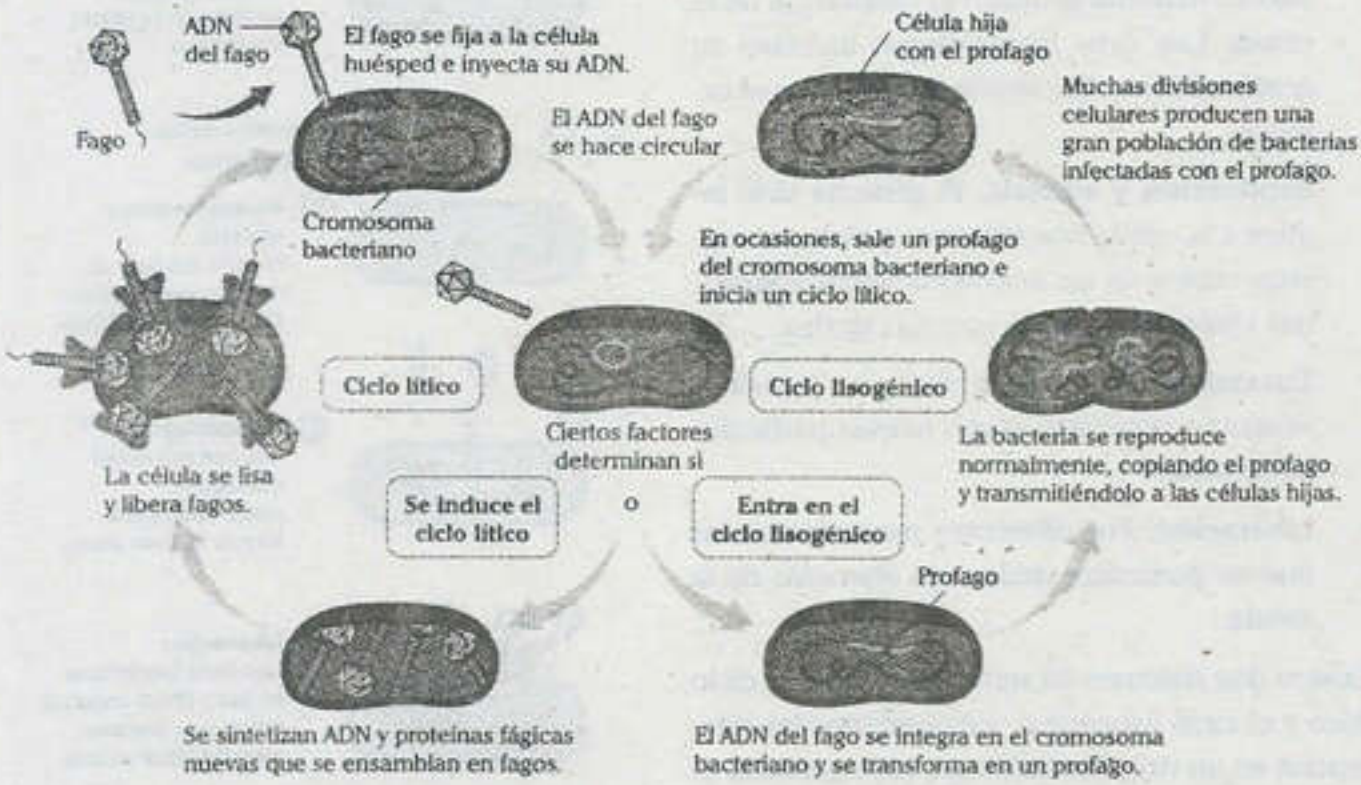
Los pasos de replicación viral mencionados ocurren rápidamente, se liberan nuevos viriones debido a que la bacteria sintetiza una serie de enzimas virales que provocan lesión a la membrana permitiendo que el citoplasma escape al exterior por lo que la célula bacteriana muere. Los virus que realizan solo vía lítica se denominan virulentos.

6.2. CICLO LISOGÉNICO (TEMPLADO)

En la vía lisogénica existe un periodo de latencia que prolonga el ciclo. El virus no mata a la célula hospedera de inmediato, en vez de ello integra su material genético con el de la bacteria. Este ADN recombinado se denomina profago o virus atenuado. Cuando la bacteria infectada se prepara para dividir, duplica su ADN incluyendo el ADN viral.

Como resultado de esta recombinación genética todos los descendientes de la bacteria mantienen los genes virales por tiempo indefinido hasta que una señal molecular, cambios en la temperatura, desecación, disminución en la concentración de oxígeno u otro estímulo reactiven el ciclo lítico.

La vía lisogénica no solo forma parte del ciclo bacteriófagos, el herpes simple tipo I que afecta a los seres humanos es otro caso conocido. En muchas personas estos virus permanecen latentes en los tejidos faciales dentro de un ganglio. La radiación solar y otros factores estresantes reactivan al virus y cuando esto ocurre las partículas virales se desplazan por las terminales de las neuronas cerca de la piel. En este sitio infectan a las células del epitelio provocando erupciones cutáneas dolorosas.



El ingreso del virión se produce por endocitosis mediada por receptores de membrana. Los receptores son proteínas de la membrana celular que tienen afinidad por las partículas virales. Los virus cuya capa más externa contiene proteínas ingresan con todos sus componentes, mientras aquellos con envoltura lipoproteica se fusionan con la membrana durante la endocitosis, penetrando la cápside y el genoma, mientras la envoltura queda adherida a la superficie.

Una vez ingresado el virus, puede permanecer en el citoplasma donde se lleva a cabo la descapsidación para liberar el genoma. Otra opción es penetrar al núcleo celular donde ocurre el mismo proceso. Por lo que podemos concluir que la formación de las nuevas partículas virales ocurre tanto en el núcleo como en el citoplasma.

Las nuevas partículas virales formadas salen de la célula hospedadora por diversos mecanismos, dentro de ellos se menciona la lisis celular, la exocitosis y la gemación. Algunos virus incorporan su envoltura mediante este último proceso.

¿Cómo un virus que tiene como material genético ARN logra formar proteínas virales?

Los ARN virus pueden ser de cadena positiva o negativa. Los virus de cadena positiva poseen ARN monocatenario que se comporta como un ARNm, es decir, se traduce directamente elaborándose las proteínas que el virus necesita. En este grupo se encuentran los picornavirus, familia a la que pertenecen el virus de la poliomielitis, resfriado común y hepatitis A, y otros virus cuya característica principal es su pequeño tamaño (miden aproximadamente 30 nm de diámetro).

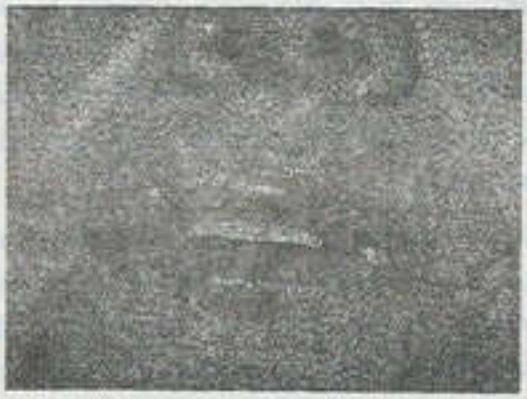
Los virus de cadena negativa poseen ARN monocatenario que no se transcribe directamente. Las partículas virales incluyen enzimas denominadas ARN polimerasas que permiten la síntesis de ARNm y de una molécula de ARN positiva. El ARNm se dirige al ribosoma de la célula hospedera a sintetizar las proteínas que el virus necesita, mientras tanto el ARN positivo sirve de molde para la elaboración de nuevas copias de ARN. Dentro de este grupo se incluyen los *Rhabdovirus* (virus de la rabia, ébola), *Ortomixovirus* (virus de la gripe) y *Paramyxovirus* (paperas, sarampión).

7 ▸ Enfermedades humanas virales

Los virus alteran el normal funcionamiento de la célula, provocando su destrucción, alterando su forma, alterando la permeabilidad de su membrana, haciendo que las membranas celulares se fusionen unas con otras, depositando partículas virales en el núcleo y el citoplasma, interfiriendo el normal funcionamiento celular y haciendo que programen su propia muerte.

7.1. Herpes simple

Se caracteriza por la aparición de lesiones cutáneas formadas por pequeñas vesículas pruriginosas llenas de líquido, agrupadas en racimo y rodeadas de un halo rojo. El agente causal es el virus herpes simple tipo I (VHS-1) que afecta principalmente la cara y la boca, mientras que el virus simple tipo II (VHS-2) afecta con más frecuencia a los genitales y el ano (se transmite por contacto sexual). El VHS-1 se transmite por contacto directo, o mediante fomites.



El virus del herpes simple tipo I afecta la cara y la boca.

No existe cura definitiva para el herpes, sin embargo, se disponen de fármacos antivirales que interfieren en el proceso de replicación viral. Luego de desaparecer las lesiones cutáneas, el virus persistirá de forma latente en nuestro organismo hasta la reaparición del siguiente episodio que ocurre por lo general cuando presentamos algún tipo de inmunodepresión.

Lumbreras Editores

Una de las complicaciones graves pero poco frecuente es la encefalitis herpética, que se caracteriza porque el paciente presenta fiebre, convulsiones, alteración en el estado de conciencia y cambios en la personalidad. Esta complicación es causada por el VHS tipo 1 en aproximadamente un 90% de los casos. La encefalitis herpética se origina por la transmisión retrógrada del virus que viaja desde la piel, a través de los axones neuronales hasta llegar al encéfalo. El virus permanece en un estado latente en el ganglio de Gasser del nervio trigémino, y se reactiva la infección debido a factores ambientales e inmunológicos. Otro nervio involucrado es el olfatorio, lo cual explica la afinidad del virus por el lóbulo temporal del cerebro.

Es causada por el virus de la varicela zóster (VZV), un virus que pertenece a la familia de los herpesvirus y al género *Varicellovirus*. Según la taxonomía pertenece al virus herpes tipo 3. Es una enfermedad frecuente en la infancia donde suele ser leve, pero en adultos tiene mayor riesgo de presentar complicaciones.

La varicela es muy contagiosa, se adquiere cuando se inhala gotitas de fluidos respiratorios suspendidos en el aire que son expulsadas por un paciente infectado al momento de toser o estornudar. Las vesículas que aparecen en la piel contienen muchos virus, por lo que el contagio puede ocurrir también por contacto directo con estas vesículas, aunque en menor riesgo.

Después de la inhalación de las gotitas contaminadas, el virus llega a la mucosa respiratoria superior. Inicialmente la replicación viral ocurre en los ganglios linfáticos regionales y luego ocurre una segunda replicación en el hígado y en el bazo, para luego difundir a las células de la epidermis donde ocasionan lisis y un edema intercelular, generando la clásica vesícula.

Después de la infección epitelial, los virus se propagan a los ganglios de los nervios sensoriales donde permanecen latentes. La reactivación del virus de la varicela ocasiona una enfermedad denominada herpes zóster o culebrilla.

Lesiones cutáneas por varicela, se aprecia el patrón en cielo estrellado: pápulas, vesículas y costras en forma simultánea.

El periodo de incubación es de diez a veinte días. La enfermedad comprende la fase prodrómica, que es el periodo que transcurre antes de que aparezcan las lesiones cutáneas, se caracteriza por fiebre, cefalea, malestar general, hiporexia, vómitos y en algunos niños aparecen adenopatías retroauriculares. Luego sigue la fase exantemática en la que aparecen pequeños granos en la piel que luego se convierte en vesículas (ampollas llenas de líquido). Las vesículas son muy pruriginosas y aparecen primero en la cara y luego se expanden por todo el cuerpo (distribución céfalo caudal). Posteriormente, las vesículas se transforman en costras. El periodo de máxima contagiosidad es hasta que todas las lesiones estén en la fase costrosa.

Durante los primeros días pueden observarse el polimorfismo de las lesiones, es decir, coexisten las lesiones en diferentes estadios evolutivos como máculas, pápulas, vesículas, pústulas y costras, lo que se conoce como patrón en "cielo estrellado".

La varicela es generalmente una enfermedad benigna, aunque a veces aparecen complicaciones, especialmente en adolescentes, adultos y personas inmunodeprimidas. La complicación más frecuente es el impétigo, que es una infección causada por las bacterias *Streptococcus pyogenes* y *Staphylococcus aureus* que afectan la piel y el tejido subcutáneo producto del rascado de las lesiones.

Otra complicación típica es la neumonía, que puede ser causada por el propio virus de la varicela o por bacterias oportunistas. No hay tratamiento para la enfermedad, pero se suele administrar inmunoglobulinas antivaricela a pacientes inmunodeprimidos, gestantes no inmunizadas y recién nacidos con riesgo de ser afectados. Existe además una vacuna que se administra a los niños cuando cumplen un año de edad, con el objetivo de activar su inmunidad y que se elaboren anticuerpos naturales y prevenir un posterior ataque viral.

7.3. MONONUCLEOSIS INFECCIOSA

También se le conoce como la enfermedad de Pfeiffer, fiebre dura o enfermedad del beso. Es causada por el virus de Epstein Barr (VEB). Según la taxonomía pertenece al virus herpes tipo 4.

Aparece más frecuentemente en adolescentes y adultos jóvenes. Los síntomas más comunes son la fiebre, faringitis, hepatomegalia, esplenomegalia y crecimiento de los ganglios linfáticos sobre todo los cervicales y los epitrocleares. Otros síntomas frecuentes son escalofríos, diaforesis, cefaleas, artromialgias y astenia. Desde el punto de vista hematológico, lo característico es el predominio de las células mononucleares, en especial la presencia de linfocitos atípicos.

Se transmite principalmente por el intercambio de saliva a través de besos, al beber del mismo vaso y al compartir alimentos con personas afectadas. Este virus se relaciona con ciertas neoplasias como el linfoma de Burkitt y el carcinoma nasofaríngeo.

7.4. CONDILOMA ACUMINADO

Es causada por el virus del papiloma humano (VPH). Se caracteriza por el crecimiento de verrugas blandas en los genitales o en el ano. Es considerada una enfermedad de transmisión sexual. Las verrugas tienen forma de coliflor y pueden medir desde escasos milímetros hasta varios centímetros.

Las principales molestias son ardor y prurito. Generalmente crecen en zonas húmedas ya que es un medio propicio para el crecimiento de las verrugas. En las mujeres el condiloma puede invadir la vagina y llegar al cuello uterino.

Pene con múltiples verrugas en la base del glande, característico del condiloma acuminado.

El científico alemán Harald zur Hausen realizó un gran avance en la investigación del cáncer de cuello uterino, ya que descubrió que algunos tipos de virus del papiloma humano (VPH) se relacionaban con esta neoplasia.

Lumen Ediciones

Es la inflamación del hígado ocasionada por virus viscerotrópicos. Entre los más importantes tenemos los virus del tipo A, B, C, D y E. No hay evidencia que estos virus dañen directamente a los hepatocitos, las manifestaciones clínicas y la evolución de la lesión hepática son determinadas por las propias respuestas inmunitarias del paciente.

El virus de la hepatitis A pertenece a la familia de los *Picornaviridae* y el género *Hepatovirus*. Tiene una forma icosaédrica, de 30 nm de diámetro y un ARN monocatenario lineal de orientación positiva. El virus es muy resistente a altas temperaturas, ácidos y jabones.

La transmisión es fecal /oral. Los pacientes al defecar eliminan miles de copias virales que contaminan el agua y los alimentos. El virus ingresa por vía oral y en la transmisión intervienen vectores mecánicos como moscas y cucarachas. El virus invade el tubo digestivo y llega al hígado donde provoca una inflamación aguda, benigna y pasajera. Entre los signos y síntomas más importantes tenemos la ictericia, náuseas, vómitos, hiporexia, acolia, dolor abdominal, prurito y fiebre.

No existe tratamiento para la enfermedad. Luego del ataque viral, nuestro organismo elabora anticuerpos que nos protegen de una posterior invasión. Actualmente, existen vacunas que pueden prevenir esta enfermedad; estas vacunas se administran al año de edad, sin embargo, las condiciones de saneamiento ambiental y las normas de higiene en el hogar son la forma más eficaz de evitar el contagio.

El virus de la hepatitis tipo E presenta un mecanismo de transmisión similar. Actualmente, se considera que la hepatitis tipo E es una zoonosis, es decir, se puede trasmitir de animales enfermos, como el cerdo, a las personas. Es una hepatitis benigna, pero resulta muy peligrosa para mujeres embarazadas.

Paciente con hepatitis, observe la ictericia característica, es decir, la coloración amarillenta de piel, mucosas y conjuntivas oculares.

Se transmite por vía parenteral, es decir, por transfusiones sanguíneas, heridas y jeringas contaminadas. También se transmite por contacto sexual, ya que el virus está presente en los distintos fluidos corporales como el semen o fluido vaginal. El virus invade el hígado donde provoca una inflamación grave que puede ser aguda o crónica. Ocasiona en muchos casos cirrosis, cáncer del hígado, insuficiencia hepática grave y la muerte. También existe una vacuna para su prevención, la cual es administrada en el nacimiento y luego al segundo, cuarto y sexto mes de vida.

El HBV presenta ciertos antígenos que estimulan a que el sistema inmunitario elabore anticuerpos específicos contra ellos. Tanto los antígenos como los anticuerpos que circulan por la sangre del paciente se pueden detectar en las pruebas serológicas; entre los principales antígenos está el HBs Ag (antígeno de superficie) y el HBc Ag (antígeno central).

El virus se transmite también por vía parenteral, es decir, contaminación con sangre infectada. Si bien es cierto que se ha encontrado el virus en algunos fluidos corporales, es muy poco frecuente la transmisión sexual. También ocasiona hepatitis crónica, cirrosis, cáncer de hígado, insuficiencia hepática grave y muerte.

7.6. SARAMPIÓN

El sarampión es una enfermedad exantemática, es decir aparece una erupción cutánea pasajera. Se caracteriza por típicas manchas en la piel de color rojo, así como fiebre alta y un estado general debilitado. El ser humano es el único hospedero del virus del sarampión. El agente causal es un virus que mide aproximadamente 150 nanómetros, presenta un ARN monocatenario, además de una envoltura lipoproteica. Pertenece a la familia de los *Paramixovirus*, género *Morbillivirus*.

Es un virus muy sensible a factores externos como temperaturas altas, la radiación solar ultravioleta y como presentan una envoltura lipoproteica son sensibles a agentes como hipoclorito de sodio, etanol, formaldehído, pH ácido, etcétera.

El virus se transmite cuando el paciente inhala gotitas de Flugge provenientes de algún enfermo cuando tose o estornuda. El virus penetra en las células epiteliales de la mucosa de las vías respiratorias altas, como la orofaringe y hasta incluso llega a invadir la conjuntiva ocular. En menos de dos días llega al tejido linfoide y órganos reticuloendoteliales como amígdalas, adenoides, bazo y timo.

Al décimo día del contagio se inicia la respuesta inmune del paciente y la producción de proteínas de defensa llamadas interferones, que disminuyen progresivamente la viremia y aparece el exantema clásico que se acompaña de fiebre alta. Podemos concluir que el periodo de incubación de la enfermedad es de diez días y que existen tres fases de la enfermedad.

7.6.1. Fase prodrómica

Llamada también fase catarral ya que los síntomas semejan a un catarro o resfriado fuerte, con presencia de fiebre, tos seca, rinitis moqueante y conjuntivitis con fotofobia. En esta fase aparecen las manchas de Koplik, que son una manchas blanquecinas con halo eritematoso en la mucosa interna de la mejilla, cerca de los molares inferiores. Las manchas de Koplik son efímeras, ya que desaparecen luego de 24 horas. Esta es la fase de máxima contagiosidad.

7.6.2. Fase exantemática

Aparece un exantema maculopapuloso confluente, rojo intenso que no se blanquea a la presión digital. Se inicia en el cuello y regiones retroauriculares. El exantema avanza en forma descendente y centrífuga, es decir, se extiende progresivamente desde la cabeza al tórax, espalda, extremidades superiores, abdomen y, por último, a las extremidades inferiores; llegando a aparecer en palmas de las manos y plantas de los pies. Desde el momento de la aparición del exantema se produce una fiebre alta de hasta 40 grados centígrados.

7.6.3. Fase descamativa

El exantema cambia de color rojo a un color café oscuro y desaparece a través de una descamación furfurácea, es decir, se desprenden grandes escamas de la epidermis.

Entre las complicaciones más frecuentes del sarampión tenemos la otitis media aguda y la neumonía de Hecht, producida por una sobreinfección bacteriana secundaria, sobretodo en pacientes inmunodeprimidos. En algunos niños, el virus sobrevive en las células del cerebro y actúa como virus lento, causando cambios en la personalidad, comportamiento y memoria, seguidos de contracciones musculares bruscas y posteriormente ceguera. A esta complicación se le conoce como panencefalitis esclerosante subaguda.

No existe un tratamiento específico para la enfermedad, sin embargo, se puede prevenir mediante la vacunación. La vacuna triple viral denominada SPR (sarampión, papera, rubéola) que se administra en el hombro izquierdo a los pequeños de un año de edad, ha reducido notablemente el número de casos. La tasa de mortalidad no es muy alta, pero en países en vía de desarrollo como el Perú donde existe elevado índice de desnutrición y servicios sanitarios deficientes se incrementa la casuística.

7.7. RUBEOLA

Se le conoce también como sarampión alemán o de los tres días. Es causada por un virus tipo ARN monocatenario que pertenece al género *Rubivirus*, familia *Togaviridae*. El virus de la rubéola en una gestante ocasiona una grave amenaza para el feto, provocando abortos espontáneos o malformaciones congénitas. La erupción que se observa en la piel dura tres días y se acompaña de una ligera fiebre. La máxima contagiosidad comprende desde siete días antes de la aparición del exantema hasta siete días después de la desaparición del exantema.

El periodo de incubación es de 14 a 21 días. La enfermedad pasa por dos fases: la fase prodrómica que se caracteriza por un cuadro catarral leve, con fiebre ligera, menor de 38 grados, conjuntivitis sin fotofobia y la aparición de adenopatías retroauriculares, cervicales y postoccipitales. En este periodo aparecen ocasionalmente las manchas de Forchheimer, que son de color rojo y se ubican en el paladar superior. Luego sigue la fase exantemática que se caracteriza por la aparición de pequeñas erupciones en la piel de color rosado que se inician en la cabeza y progresan hacia los pies, haciéndose más intensa en el tronco. Es un exantema confluente, poco pruriginoso, que dura tres días y se resuelve con una mínima descamación.

El virus se transmite por vía respiratoria a través de la tos, estornudo o fomites, se replica en la nasofaringe y en los ganglios linfáticos. Luego invade la sangre atacando a los leucocitos los cuales dispersan el virus por todo el cuerpo, incluyendo la piel y las vías respiratorias. Es capaz de cruzar la barrera placentaria e infectar al embrión que tiene sus órganos en pleno desarrollo, sobre todo durante el primer trimestre.

7.8. PAROTIDITIS

Es conocida también como papera. Es causada por un virus ARN, de la familia de los *Paramyxovirus*, género *Rubulavirus*. Es una enfermedad poliglandular, común en la infancia, pero puede presentarse en adultos ocasionando inflamación de las glándulas salivales y otras glándulas del cuerpo.

Se transmite por contacto con gotitas de saliva en el aire procedentes de un individuo infectado. El periodo de máxima contagiosidad comprende desde un día antes de la aparición de la hinchazón hasta tres días después que haya desaparecido.

El ser humano es el único reservorio de este virus. Solo hay un serotipo en todo el mundo, por lo que ni la enfermedad ni la respuesta inmunitaria varía. Esto quiere decir que cuando una persona se expone al virus, elaborará anticuerpos y obtendrá inmunidad por el resto de su vida. Es importante señalar que el paso de anticuerpos tipo IgG maternos a través de la placenta, protege al recién nacido durante seis meses, hasta que el bebé elabore sus propios anticuerpos.

El periodo de incubación oscila entre 14 y 28 días. La enfermedad presenta una fase prodrómica poco frecuente en la infancia que se caracteriza por fiebre leve, mialgias, cefaleas y malestar general. Luego aparece la tumefacción glandular, siendo la parótida la glándula más afectada, en forma bilateral, asimétrica y muy dolorosa. Entre las complicaciones más frecuentes se tiene la meningitis aséptica. Otras complicaciones son priapismo, orquitis y ooforitis, que pueden ocasionar esterilidad. También se presenta sordera neurosensorial unilateral y pancreatitis aguda.

La rabia

Llamada también hidrofobia, es causada por un virus de la familia *Rhabdoviridae*, género *Lyssavirus*. Tiene forma de bastón y mide aproximadamente 200 × 80 nm. Consta de una sola cadena de ARN monocatenario lineal de polaridad negativa. Presenta una envoltura formada por lípidos asociados a glucoproteínas, las cuales son muy antigénicas, es decir, que estimulan a que el organismo afectado elabore anticuerpos neutralizantes.

Es considerada la zoonosis viral más antigua de la historia del hombre. El virus de la rabia ataca al ser humano y a otros mamíferos, tanto domésticos, como salvajes.

Una zoonosis es una enfermedad que se transmite al hombre desde un animal enfermo. Entre los principales animales tenemos a los perros, gatos, murciélagos, zorros, lobos, mapaches y hurones. Se sabe que si los animales tienen inestabilidad en la marcha, o mala coordinación en el vuelo, están probablemente infectados por el virus de la rabia. En general, los animales presentan una secreción salival abundante que sirve como medio de cultivo para el virus.

Es importante la vacunación de nuestras mascotas para evitar la rabia y otras infecciones virales.

La rabia se transmite a través de mordedura o contacto directo con la saliva del animal infectado. El periodo de incubación varía desde una semana hasta un año. El virus inoculado tiene una primera replicación muy lenta en las células musculares y mediante vía axonal retrógrada llega al encéfalo donde se replica con más agresividad. Los virus pasan de una neurona a otra a través de los contactos sinápticos, lo que hace que el sistema inmune sea incapaz de detectarlos. Desde el encéfalo puede viajar a través de los nervios a otras partes del cuerpo.

La fase prodrómica de la enfermedad dura una semana aproximadamente, aparecen síntomas inespecíficos como cansancio, cefalea, fiebre, anorexia, náusea, vómito y parestesias en el sitio de la herida, seguidas de una fase neurológica en la que aparecen síntomas como desorientación, alucinaciones visuales, convulsiones, periodos de excitabilidad intensa y parálisis flácida. La dificultad para la deglución o disfagia ocasiona que el paciente no pueda deglutir adecuadamente los líquidos, de ahí el nombre de hidrofobia (horror al agua).

Todas las manifestaciones clínicas son seguidas por un periodo de coma y terminan con el fallecimiento del paciente en la mayoría de los casos si no se trata de manera adecuada. Mediante la microscopía se aprecian los cuerpos de Negri, que son inclusiones citoplasmáticas formadas por las nucleocápsides virales que se acumulan en las neuronas del encéfalo del animal enfermo.

A partir de la fase neurológica, la enfermedad es mortal en el 99,9% de los casos. Luego de la mordedura, el tratamiento consiste en lavar la herida con agua y jabón, no suturar la herida, administrar vacuna antitetánica y vacunas antirrábicas. Esta vacuna es elaborada a base de cerebro de ratón lactante y se aplica en la región periumbilical en diez dosis. La vacuna va acompañada de sueros que contienen inmunoglobulinas antirrábicas.

Si hay sospecha de que el animal agresor no ha sido vacunado, debe de sacrificarse y examinar su cerebro en busca del antígeno de la rabia usando anticuerpos fluorescentes.

7.10. POLIOMIELITIS

Es causada por un virus del género *Enterovirus* conocido como poliovirus. Su material genético es tipo ARN monocatenario de cadena positiva, rodeado de una cápside sin envoltura.

El poliovirus ingresa por vía oral, infectando a células de la mucosa intestinal. El virus utiliza la maquinaria enzimática de la célula víctima y se comienza a replicar durante aproximadamente una semana, luego invade las amígdalas, las placas de Peyer, los ganglios mesentéricos donde continua replicándose y luego es absorbido a la sangre, la cual distribuye el virus de la polio por todo el cuerpo. Esta fase se conoce como la viremia primaria.

El poliovirus continúa replicándose dentro del torrente circulatorio y linfático durante largos meses. Raramente el virus invade el encéfalo, si lo hace, provoca una respuesta inflamatoria localizada denominada meningitis aséptica no paralítica.

En más del 90% de los casos, los pacientes no muestran ningún signo ni síntoma; sin embargo, la respuesta inmune es efectiva, ya que se forman anticuerpos contra los virus que ingresaron. Luego de dos semanas de incubación aparece fiebre leve, odinofagia, fatiga, vómitos y diarrea que duran pocos días. La mayoría de los pacientes mejoran, por ese motivo este tipo de poliomielitis se denomina abortiva, porque la enfermedad tiene un final. En la polio abortiva no hay lesión en las células del sistema nervioso central.

En un escaso 5% de los pacientes, el virus de la polio afecta el sistema nervioso central, desarrollando una meningitis aséptica. Este tipo de polio se denomina preparalítica. Se caracteriza por cefalea, rigidez en la nuca y se incrementan las células mononucleares en el líquido cefalorraquídeo.

En casos muy raros, luego de la fiebre aparece fatiga extrema, mialgias y atrofia muscular. La parálisis muscular se debe a que el virus ataca las células de las astas anteriores de la médula espinal, de donde emergen los nervios motores que favorecen la contracción muscular. Esta parálisis se caracteriza porque es flácida, proximal y asimétrica, pudiendo afectar incluso la función respiratoria y la deglución. Luego de varios años aparecen deformaciones permanentes de los miembros inferiores y de la columna vertebral. Décadas después, se produce el síndrome postpolio que se caracteriza por fatiga extrema, mialgias y atrofia muscular en nuevas fibras musculares y de aquellas ya afectadas. Esto se le conoce como la polio paralítica.

En décadas atrás aparecieron epidemias de esta enfermedad, pero empezaron a controlarse cuando John Enders, logra cultivar el virus de la polio dentro de tejidos de embriones humanos. Esto permitió que años después Jonas Salk desarrollara una vacuna tipo inyectable. Esta vacuna fue reemplazada por la vacuna oral desarrollada por Albert Sabin.

El mecanismo de transmisión es fecal/oral. Los pacientes enfermos eliminan en sus heces grandes cantidades de partículas virales, contaminando el agua y los alimentos. Las cucarachas también participan en la transmisión actuando como vectores mecánicos, ya que en sus patas y antenas pueden llevar virus de la polio y contaminar los alimentos que consumimos, de ahí la importancia de una buena higiene en el control de la enfermedad. Los factores que aumentan el riesgo de infección por el virus de la polio incluyen la inmunodepresión, desnutrición, amigdalectomía, lesiones del músculo esquelético y embarazo.

El virus de la polio destruye las neuronas motoras de la médula espinal, ocasionando parálisis y atrofia muscular.

7.11. DENGUE

Es una enfermedad causada por un virus que pertenece al género *Flavivirus*. Es un virus pequeño de 30 nm, que tiene una envoltura lipoproteica y presenta como material genético ARN monocatenario. Es un arbovirus ya que es transmitido por el mosquito *Aedes aegypti*. Arbovirus no es un grupo taxonómico, es una mnemotecnia, del inglés *arthropod borne viruses* que significa "virus llevados por artrópodos".

El término dengue proviene del vocablo africano *dinga* que significa 'molestoso', probablemente describiendo los dolores óseo musculares típicos en esta enfermedad. En países centroamericanos se le conoce como la fiebre rompe huesos o "la quebradora".

En nuestro continente, el vector del dengue es el mosquito *Aedes aegypti*. En Asia se ha encontrado otro vector denominado *Aedes albopictus*. El mosquito tiene una gran capacidad de adaptación llegando incluso a sobrevivir en ambientes con temperaturas frías, lo cual es un grave problema ya que en los últimos años la transmisión ha aumentado de manera predominante en zonas urbanas, convirtiéndose en un serio problema de salud pública. La prevención y el control de esta enfermedad dependen de las medidas de lucha contra el vector transmisor.

Las personas enfermas son los portadores del virus, los mosquitos se infectan al picar la piel del enfermo. El *Aedes aegypti* es un mosquito de actividad diurna, deposita sus huevos fecundados en el agua, donde se desarrollan sus larvas. Los recipientes de uso doméstico para el almacenamiento de agua son idóneos para que la hembra deje sus huevos. Es importante señalar que solo pican las hembras, las cuales se alimentan de la sangre de los humanos. Los machos no son hematófagos ya que se alimentan de la savia de las plantas y no son vectores de la enfermedad. El dengue también se puede transmitir por vía sanguínea, es decir, por productos sanguíneos contaminados y por donación de órganos y transfusión sanguínea.

El mosquito *aedes aegypti* es el vector biológico del virus del dengue.

El mosquito infectado pica e introduce su saliva con virus del dengue en la piel de la persona, posteriormente el virus ingresa a los macrófagos donde ocurre la replicación viral. Los macrófagos responden el ataque viral produciendo proteínas inflamatorias como citoquinas e interferones, estas proteínas son las responsables de los síntomas como la fiebre y el dolor. Esto quiere decir que el virus no es el agente agresor sino que la sintomatología de la enfermedad se debe a la buena respuesta inmunitaria del paciente. En los casos graves, la replicación viral se da en el interior de otros órganos como el hígado y la médula ósea roja. Cuando el sistema inmunitario responde de una forma más agresiva, genera peores síntomas como por ejemplo la lesión endotelial que es la responsable de las hemorragias masivas.

Lumbreras Editores

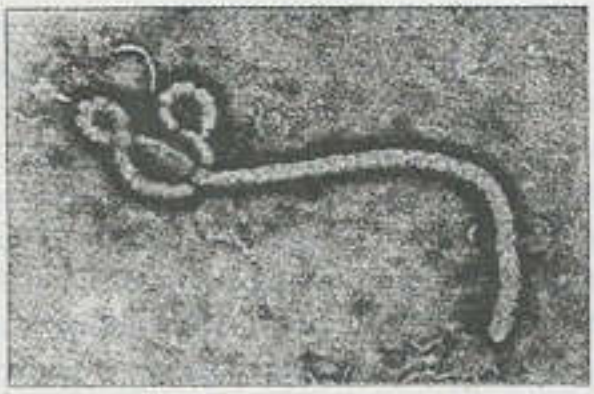
7.12. ÉBOLA

El nombre de esta enfermedad proviene del río Ébola, ubicado en la República Democrática del Congo, antiguo Zaire, donde fue identificado por primera vez en el año 1976 durante una epidemia en el antiguo continente.

El virus que ocasiona esta enfermedad pertenece a la familia *Filoviridae* y género *Filovirus*. Es un virus pleomórfico, es decir de morfología variable, los viriones suelen presentar formas filamentosas (de ahí el nombre de filovirus), que pueden alcanzar longitudes de hasta 14 000 nm. El virión presenta una envoltura lipoproteica asociada a una glucoproteína. El genoma del virus consiste en una molécula de ARN monocatenario lineal de polaridad negativa.

Se transmite por contacto directo con líquidos corporales infectados como la sangre, la saliva, el sudor, la orina y los vómitos. El periodo de incubación varía de 1 a 21 días. Entre los síntomas se mencionan la aparición súbita de fiebre alta, mialgias y artralgias severas, dolor abdominal, cefalea, disfunción hepática y renal. Luego de una semana, aparece en todo el cuerpo una erupción. Las hemorragias se presentan generalmente en el tubo digestivo, haciendo que el paciente sangre tanto por la boca como por el recto. La mortalidad es alta, los pacientes generalmente mueren por *shock* hipovolémico debido a la abundante pérdida de sangre.

El virus se transmite al ser humano desde animales salvajes y se propaga de persona a persona. Los murciélagos de la familia *Pteropodidae*, como el murciélago frugívoro cabeza de martillo (*Hypsignathus monstrosus*), son considerados los hospederos naturales del virus. No hay ningún tratamiento o vacuna para las personas ni los animales. Lo que se debe hacer es controlar la presión sanguínea del paciente mediante una adecuada hidratación endovenosa y evitar que los fluidos contaminados contagien a otras personas.



El virus del Ébola presenta una forma filamentosa.

VIH

El virus de la inmunodeficiencia humana, conocido por sus siglas VIH, perteneciente a la familia *Retroviridae*, género *Lentivirus*, es causante del síndrome de inmunodeficiencia adquirida (sida). Los lentivirus tienen como característica principal un largo periodo de incubación que finaliza con la muerte celular después de varios años, ya que pueden permanecer en estado de latencia mientras la célula infectada continúa sus funciones normalmente. La OMS ha declarado más de 40 millones de personas muertas a nivel mundial, de las cuales más de la mitad eran del continente africano.

El VIH mide aproximadamente 100 nanómetros, tiene forma esférica y presenta tres cubiertas. La envoltura viral es la más externa y pertenece a la membrana celular del linfocito de donde el virus emergió. En esta envoltura se encuentran 72 glucoproteínas transmembranosas denominadas gp41, las cuales se conectan con las glucoproteínas gp120, las cuales sobresalen a manera de espículas. La gp120 se une al receptor CD4 presente en la superficie de los linfocitos helper. La capa media forma la nucleocápside viral, tiene forma icosaédrica y presenta la proteína p24. La capa interna tiene forma de cono truncado y es la que rodea el material genético viral. El genoma viral está constituido por dos cadenas idénticas de ARN monocatenario, el cual contiene la información para la síntesis de numerosas proteínas y enzimas que el virus necesita para su replicación dentro del linfocito helper. El VIH transforma su ARN en ADN, este proceso ocurre gracias a la enzima transcriptasa inversa o retrotranscriptasa. Es importante resaltar que esta enzima está presente en otros retrovirus como el HTLV-1, que es un virus relacionado con la leucemia de células T en los adultos.

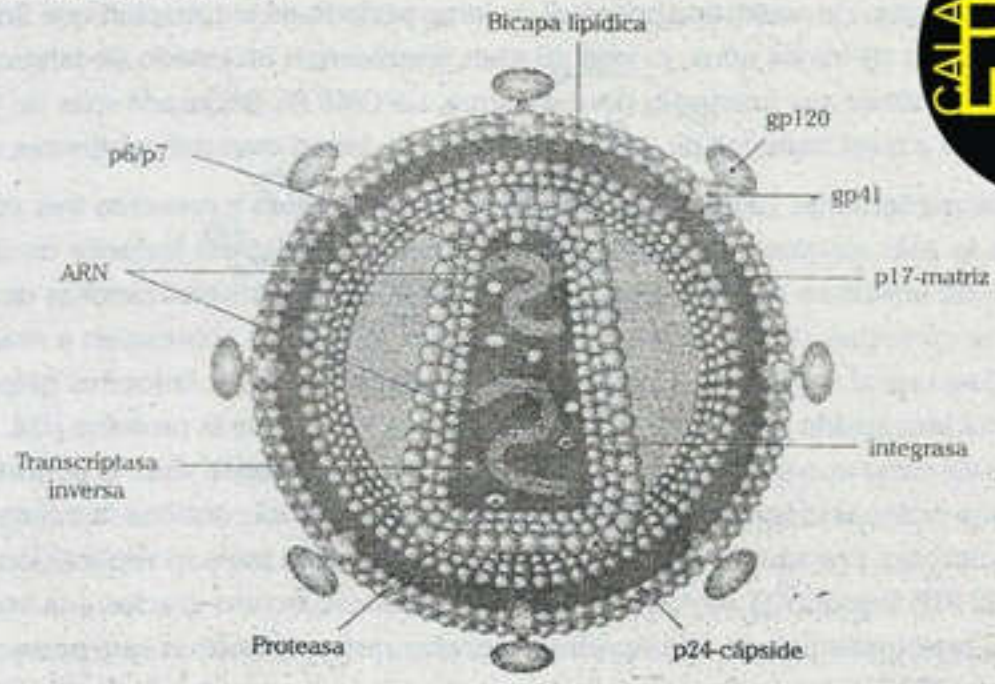
Existen dos tipos del VIH, los del tipo 1 que ocasionan la mayoría de infecciones por VIH en el mundo y son más virulentos que los del tipo 2, que son menos contagiosos y se encuentran en pacientes de África occidental.

El genoma viral del VIH-1 y VIH-2 son similares. Ambos tipos presentan los tres genes básicos de todo retrovirus, que son los genes estructurales gag, pol y env. El VIH presenta además los genes reguladores tat y rev y los genes accesorios vpu, vpx, vif y nef.

La proteína p24 forma la cápside viral, la p17 estabiliza la envoltura viral y favorece el ingreso del ADN viral al núcleo del linfocito, la proteína p6 también forma la nucleocápside y favorece la gemación, y la proteína p7 favorece el ingreso del ARN viral al nuevo virión durante el ensamblaje.

El gen pol codifica cuatro enzimas que se encuentran dentro de la cápside viral, estas enzimas son la transcriptasa inversa, la ARN asa, la integrasa y la proteasa. La transcriptasa inversa, conocida como p50, tiene la función de formar ADN viral a partir de ARN viral. Una vez formada la primera cadena de ADN viral tomando como molde el ARN viral, la enzima ARN asa los separa. La transcriptasa inversa actúa nuevamente, pero esta vez formará la segunda cadena de ADN viral, tomando como modelo la primera cadena de ADN que formó. Esto quiere decir que la transcriptasa inversa puede sintetizar ADN a partir de ARN o ADN. La ARN asa, conocida como p15, es la enzima que separa la cadena de ARN y ADN durante la trascripción inversa. La integrasa, conocida como p31, se comporta como exonucleasa (porque corta segmentos del ADN viral), endonucleasa (porque corta segmentos del ADN humano) y ligasa (porque une los segmentos del ADN viral y humano), permitiendo de esta manera la integración de ambos ADN. La proteasa, conocida como p10, corta a las proteínas virales recién sintetizadas en capsómeros, favoreciendo así el ensamblaje de nuevos viriones.

Estructura del virus VIH



El gen env codifica las proteínas que forman parte de la envoltura viral. Estas proteínas son la gp 41 y gp120, las cuales sobresalen del virus a manera de espículas y permiten la fusión entre la envoltura viral y la membrana de la célula linfocito helper del humano.

8.1. CICLO DEL VIH

El VIH ataca los linfocitos helper, llamados también T CD4 o colaboradores, pero también pueden ingresar a otras células que presenten en su membrana al receptor CD4 como los monocitos, macrófagos, células dendríticas, células de Langerhans y microglías del cerebro. Por eso decimos que la replicación viral no solo se realiza en la sangre del paciente sino también en otros tejidos como

los ganglios linfáticos, el cerebro, el timo, etc. Los ganglios linfáticos constituyen la principal sede de su replicación. El virus también está en otros fluidos corporales como la linfa y las secreciones genitales. La replicación del virus presenta las siguientes etapas:

8.1.1. Fijación

Es la primera etapa de la invasión viral al linfocito helper. Se basa en el reconocimiento y acoplamiento de las proteínas gp120 y gp 41 presentes en la envoltura viral, a las proteínas receptoras CD4 presentes en la membrana del linfocito helper. Este reconocimiento es posible gracias a la ayuda de los correceptores CXCR4 y CCR5 presentes en la membrana de la célula afectada. Esta etapa es necesaria para que el virus penetre en la célula y continúe con el proceso infeccioso.

8.1.2. Penetración

Una vez que el virus se ha fijado al linfocito helper, fusiona su envoltura lipoproteica con la membrana celular del linfocito helper, ingresando la nucleocápside viral al citoplasma de la célula.

8.1.3. Desnudación

Dentro del citoplasma celular se elimina la nucleocápside, quedando libres el ARN viral y las enzimas virales transcriptasa inversa, ARN asa, integrasa y proteasa.

8.1.4. Retrotranscripción

Se forma ADN viral a partir de ARN viral, gracias a la enzima transcriptasa inversa y ARN asa.

8.1.5. Integración

El ADN viral formado se dirige al núcleo de la célula y se inserta al ADN humano gracias a la enzima integrasa.

8.1.6. Transcripción

La transcripción del ADN viral ocurre gracias a las enzimas del linfocito helper. El resultado es la formación de un ARN viral formado por regiones no informativas denominadas intrones, y regiones informativas denominadas exones. Se eliminan los intrones y se unen los exones restantes formando de esta manera el ARN mensajero viral, el cual sale por los poros de la carioteca y se dirige hacia los ribosomas del citoplasma.

8.1.7. Traducción

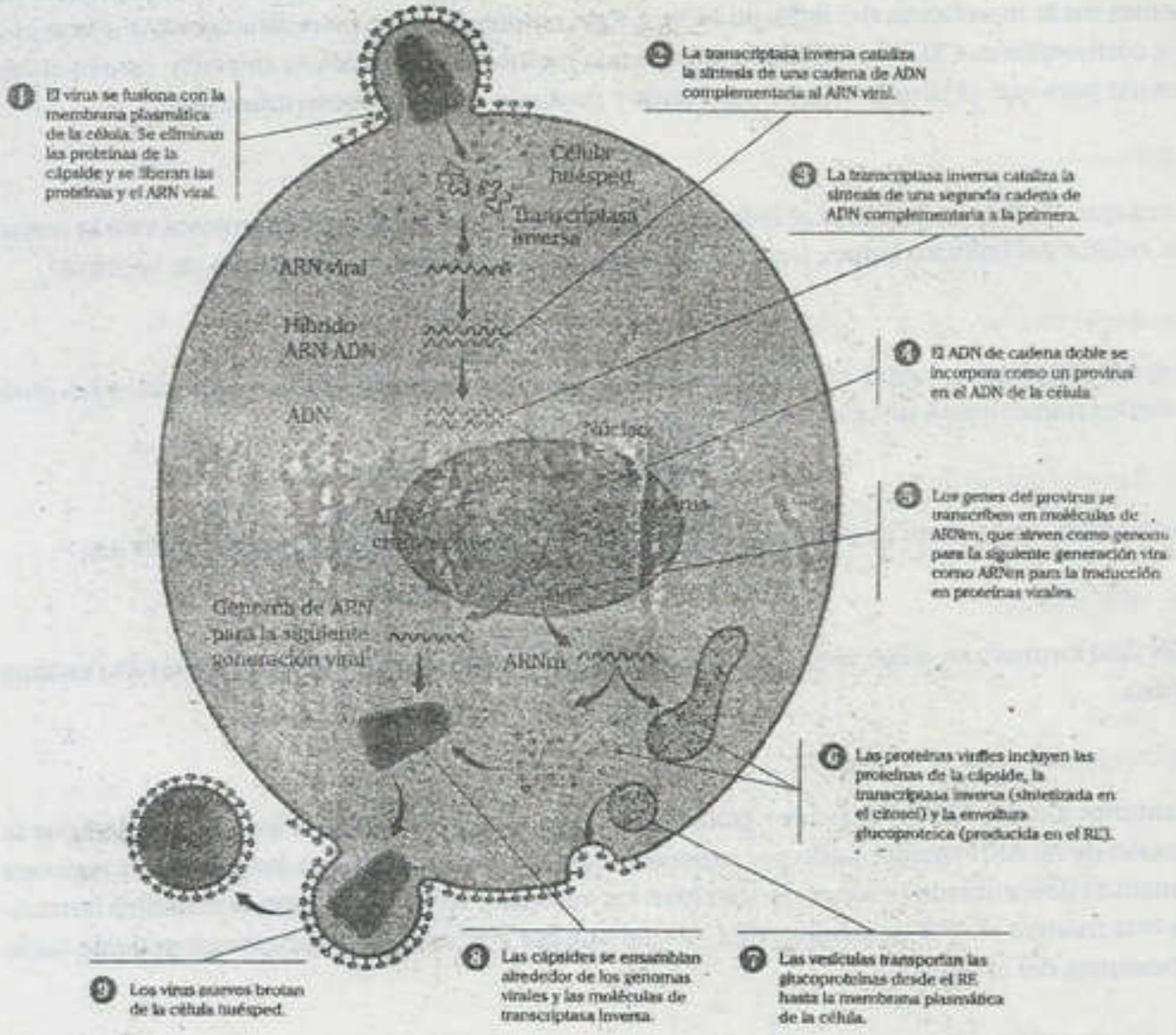
El ARN mensajero viral llega al ribosoma y se inicia la formación de poliproteínas no funcionales que luego serán procesadas y cortadas gracias a la enzima proteasa, de esta manera se forman proteínas funcionales virales como los capsómeros, enzimas virales y proteínas de envoltura.

8.1.8. Ensamblaje

Las proteínas virales formadas se asocian protegiendo al ARN y enzimas virales, formando así la nucleocápside, la cual se dirige a la membrana celular.

Lumbreras Editores

Es la última etapa de la invasión viral, ocurre cuando la nucleocápside viral se aproxima a la membrana celular, haciendo la presión suficiente como para salir de la célula, robándose parte de su membrana. De esta manera se forma el nuevo virión, con una envoltura que proviene de la célula parasitada. Los viriones formados están listos para infectar a otros linfocitos helper.



8.2. VÍAS DE TRANSMISIÓN

El VIH ha sido aislado en numerosos fluidos corporales como sangre, linfa, semen, fluidos vaginales, saliva, lágrimas, orina, líquido amniótico, leche materna y líquido cefalorraquídeo; sin embargo, solo se transmite a través del contacto entre fluidos corporales que presentan elevada carga viral. No se transmite por abrazos, besos, dar la mano, toser o estornudar. Las principales formas de transmisión son por vía sexual (genital, rectal u oral) y por vía parenteral (en transfusiones

sanguíneas, uso de jeringas para drogas intravenosas y al realizar tatuajes y *piercings*). La transmisión por vía vertical es de madre a hijo y ocurre durante las últimas semanas de gestación, durante el parto o en la lactancia. En los últimos años esta forma de transmisión ha sido controlada gracias al uso de medicamentos antirretrovirales, como la zidovudina que se administran tanto a la madre y al recién nacido, además el nacimiento debe ser por cesárea y suprimir la lactancia materna.

9.3. HISTORIA NATURAL DE LA INFECCIÓN POR VIH

En ausencia de terapia antirretroviral, el virus se replica dentro de los linfocitos helper provocando su lenta destrucción. Los linfocitos helper son los responsables de dirigir la inmunidad tanto humoral como celular. Al pasar muchos años, se va incrementando la carga viral, pero a la vez se disminuye la cantidad de linfocitos helper, por lo que el sistema inmunológico se vuelve deficiente. De esta manera el paciente seropositivo queda susceptible al ataque de otros microorganismos que le ocasionan la muerte. A esta etapa de la enfermedad caracterizada por un conjunto de signos y síntomas que evidencian una inmunodepresión se le denomina sida.

El estadio y pronóstico de la enfermedad, así como el inicio de la terapia antirretroviral depende de la cantidad de linfocitos helper hallados en un mL de sangre. Otro parámetro importante es la cuantificación de copias virales por mL de sangre.

9.4. FASES DE LA INFECCIÓN POR VIH

9.4.1. Fase aguda

Se inicia desde el momento en que el virus ingresa al cuerpo mediante las vías mencionadas. El VIH se propaga a través de los fluidos corporales y en pocos días invade los ganglios linfáticos donde se replica en gran cantidad, ya que son órganos con abundantes linfocitos helper, generándose una respuesta inmunitaria de defensa. Gran porcentaje de pacientes no tienen ningún signo ni síntoma en esta etapa; sin embargo, otro gran porcentaje presentan síntomas similares a una mononucleosis infecciosa, es decir, presentan fiebre, mialgias, hepatomegalia y adenopatías. Es evidente que al realizarse una prueba de Elisa en esta etapa los resultados serían negativos, ya que la producción de anticuerpos de defensa se realiza a partir de la semana 12, sin embargo, si se analizara la carga viral, saldría elevada. Esta etapa dura pocas semanas luego de la exposición al virus.

Como explicamos anteriormente, el VIH ataca principalmente los linfocitos helper. En una persona sana el número de linfocitos helper oscila entre 1200 y 1500 células por mL de sangre que corresponde, aproximadamente, a la cuarta parte del total de glóbulos blanco. Progresivamente va disminuyendo la cantidad de linfocitos helper.

9.4.2. Fase crónica

Se le llama también fase de latencia clínica, ya que el paciente es portador del virus pero es asintomático, es decir, no presenta signos ni síntomas que evidencien una inmunodepresión. Es importante resaltar que el virus no está inactivo, por el contrario, durante esta etapa se forman diariamente miles de copias virales, con la evidente destrucción de miles de linfocitos helper.

Unoreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

En ausencia de tratamiento antirretroviral, gran porcentaje de los portadores del VIH desarrollan el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (sida) en un plazo aproximado de diez años. Durante este periodo se incrementa la carga viral, y disminuye el número de linfocitos helper, generando posteriormente una severa inmunodepresión que se evidencia por infecciones bucales y foliculitis, causadas por microorganismos oportunistas.

8.4.3. Fase sida

Es la etapa crítica de la infección, en la que el portador del VIH posee un sistema inmunológico debilitado, incapaz de formar los linfocitos helper que pierde día a día debido al ataque viral. Durante esta etapa el paciente es víctima de numerosas infecciones oportunistas tanto virales, bacterianas y micóticas que conducen a la muerte del paciente. Entre las infecciones más frecuentes destacan la tuberculosis, neumonías por el hongo *Pneumocystis jiroveci*, candidiasis e infección por citomegalovirus. Si no se recibe terapia antirretroviral, la mayoría de los pacientes que han desarrollado la fase sida no sobreviven más de tres años. Los antirretrovirales ofrecen una mejor calidad de vida a un paciente portador del VIH y aumentan sus posibilidades de supervivencia al menos por unos años más; sin embargo, recordemos que el genoma del VIH cambia constantemente y con el tiempo los antirretrovirales perderán su efectividad.

8.5. ORIGEN DEL VIH

Probablemente el VIH pasó a los seres humanos por zoonosis. El VIH (virus de inmunodeficiencia humana) presenta una estructura similar al VIS (virus de inmunodeficiencia simiana), que es un virus que afecta a simios como el chimpancé (*Pan troglodytes*); sin embargo, en estos primates no se evidencia una intensa inmunodepresión. Por eso se considera que el chimpancé es el reservorio natural desde el cual se dio el salto al hombre. Se piensa que el virus pasó de una especie a otra cuando se usaron riñones de simio para elaborar vacunas para el ser humano.

En 1981, se diagnosticaron en la ciudad de Los Ángeles, Estados Unidos, numerosos casos de pacientes con neumonía por el hongo *Pneumocystis jiroveci*, el cual tiene predilección por pacientes severamente inmunodeprimidos. Efectivamente, al analizar la sangre de los pacientes, tenían escasos linfocitos helper. Lo interesante era que inicialmente la población afectada estaba formada por varones homosexuales, los cuales también presentaban otras enfermedades como candidiasis e infección por citomegalovirus. Estas infecciones oportunistas empezaron a aparecer posteriormente en varones y mujeres heterosexuales que usaban drogas intravenosas y en pacientes hemofílicos que recibieron transfusiones sanguíneas, debido a esto los epidemiólogos pensaron que se trataba de una variante del virus de la hepatitis tipo B, debido a su forma de transmisión.

Se dio inicio a la búsqueda de un virus que se asocie a casos de inmunodeficiencia adquirida y que se transmita mediante fluidos corporales. Se pensó que podría ser el retrovirus HTLV descubierto años atrás por el médico estadounidense Robert Gallo, recordemos que este virus ocasiona leucemia en adultos. Pero fue en 1983, en el Instituto Pasteur de París, que el equipo de investigadores dirigido por el médico Lu Montagnier encontraron un virus candidato al que llamaron LAV (virus asociado a linfoadenopatía). Al año siguiente, en Estados Unidos, un equipo dirigido por Robert Gallo confirmó el hallazgo, pero llamaron al virus HTLV tipo III (virus linfotrópico T humano tipo III). La denominación definitiva a fin de evitar conflictos fue de VIH (virus de la inmunodeficiencia humana).

8.6. EPIDEMIOLOGÍA DEL VIH

El VIH se ha convertido en una verdadera pandemia. Las estadísticas revelan que la forma más común de contagio es mediante la transmisión heterosexual. El continente más afectado es el África, donde viven más de 20 millones de personas seropositivas. En esta parte del mundo no solo se encuentra una elevada morbilidad, sino también los índices más altos de mortalidad y es donde se presenta el mayor porcentaje de casos nuevos.

8.7. DIAGNÓSTICO

No existe una clara manifestación clínica de la presencia del virus antes que el paciente llegue a la fase sida, por lo que el diagnóstico ante una conducta de riesgo es a nivel molecular. Una de las pruebas más importantes se denomina Elisa (acrónimo del inglés *enzyme linked immuno sorbent assay*, que significa ensayo por inmuno absorción ligado a enzimas), que detecta en el plasma sanguíneo del paciente la presencia de anticuerpos elaborados por los plasmocitos como respuesta a la presencia viral. Ante un resultado positivo, se debe realizar la prueba de Western blot que detecta proteínas virales en la sangre del paciente, confirmando el diagnóstico.

8.8. FÁRMACOS ANTIRRETROVIRALES

Existen numerosos fármacos que intentan interrumpir el ciclo del VIH. Estos fármacos son denominados antirretrovirales y se utilizan de manera combinada ya que en forma aislada no son muy efectivos. La terapia se denomina targa (terapia anti retroviral de gran actividad). Uno de los fármacos más conocidos es el AZT (zidovudina), que tiene una estructura análoga al nucleósido timidina. Fue uno de los primeros en usarse, su mecanismo de acción consiste en inhibir a la enzima viral transcriptasa inversa, evitando de esta manera que se forme ADN viral a partir de ARN viral. Si se administra aisladamente puede generar mutaciones en el virus que lo harían más resistente y agresivo, además se sabe de su hepatoxicidad y la anemia severa que ocasiona. El targa es gratuito en los centros de salud a nivel nacional. El personal de salud brinda al paciente una combinación de tres fármacos que se administran por vía oral. Estos fármacos son zidovudina, lamivudina y nevirapina. En otros esquemas se reemplaza nevirapina por efavirenz. Entre los criterios para que un paciente portador del VIH acceda al targa se considera que presente síntomas de inmunodepresión y una carga viral mayor de 55 000 copias/mL de sangre y un número de linfocitos helper menor de 200 células/mL de sangre.

9. INFECCIONES VIRALES EN ANIMALES Y PLANTAS

9.1. ENFERMEDADES EN ANIMALES

Entre las enfermedades más importantes tenemos la gripe aviar, la gripe porcina, la anemia infecciosa equina, que es transmitida por artrópodos, la enfermedad de Newcastle, que afecta principalmente a las aves de corral, la peste porcina clásica conocida también como el cólera porcino, la viruela aviar, la rabia, que afecta no solo a animales domésticos sino también a salvajes, el moquillo, llamado también distémper, que afecta principalmente a perros, etc. Se sabe también que algunos virus inducen la formación de tumores en las aves domésticas, afectando seriamente la industria avícola y causando enormes pérdidas económicas

9.2. VIRUS EN LAS PLANTAS

Como sabemos, las paredes celulares son rígidas debido a la presencia de polisacáridos como la celulosa, por lo que los virus tienen dificultad para ingresar, de modo que la vía más importante para su propagación es mediante los insectos que inoculan en las plantas sanas los virus que llevan en su aparato bucal, procedentes de plantas enfermas. Entre los más importantes tenemos el virus del mosaico amarillo del nabo, el virus del bronceado del tomate, el virus X de la papa, el virus del mosaico del tabaco, el virus del mosaico del pepino, etcétera.

10▸ RESPUESTA INMUNE ANTE EL ATAQUE VIRAL

Como en cualquier enfermedad tipo infecciosa, el ingreso de un virus pone en acción los mecanismos del sistema inmunitario. La inmunidad inespecífica contra los virus comprende la fagocitosis y la síntesis de proteínas antivirales, como los interferones que son glucoproteínas producidas por leucocitos y que protegen a otras células de la invasión viral. Se denominan interferones porque interfieren algunos de los pasos del ciclo viral; por ejemplo, impiden la formación del ARN mensajero dirigida por el virus o también obstruyendo la formación de proteínas virales. Se han reconocido tres tipos de interferones alfa, beta y gamma. Los linfocitos NK (*natural killer*) destruyen células infectadas por virus en forma innata o inespecífica.

La inmunidad específica ocurre mediante la síntesis de anticuerpos o inmunoglobulinas contra los antígenos virales. Las células encargadas de la producción de inmunoglobulinas se denominan plasmocitos. La prevención comprende la aplicación de vacunas, las cuales se elaboran a partir de cultivos virales celulares en los cuales la capacidad infectiva del virus se neutraliza y se aprovechan los componentes moleculares capaces de generar inmunidad. Entre las vacunas antivirales más importantes que se administran en la infancia tenemos contra el sarampión, la papera, la rubéola, la varicela, la hepatitis A, el rotavirus, la poliomielitis y la hepatitis B.

11▸ PARTÍCULAS MOLECULARES INFECTIVAS

Se trata de moléculas capaces de alterar el normal funcionamiento celular, ocasionando incluso la muerte celular. Estas moléculas afectan tanto a organismos vegetales, animales e incluso el ser humano. Entre los más importantes tenemos a los viroides y los priones.

11.1. VIROIDES

Son los agentes infecciosos de menor complejidad estructural y genética conocidos hasta el momento, representan una forma extrema de parasitismo. Están formados por cadenas cortas de ARN circular desnudo, carente de actividad mensajera, es decir, no codifican proteínas. El genoma de un viroide está constituido por entre 250 y 400 nucleótidos (unas 20 veces más pequeño que el de un virus). Presentan un ciclo extracelular, que se caracteriza por ser inactivo, y un ciclo intracelular, en la que causa infección a su hospedero. A diferencia de los virus, los viroides no presentan ni proteínas, ni lípidos. El primer viroide fue descubierto por Theodor Diener en 1970, quien identificó al agente causal de "la enfermedad del tubérculo fusiforme de la patata" (*potato spindle tuber* o PST Vd). La nomenclatura de los viroides incluye el sufijo "Vd" para distinguirlos de los virus.

Son sialoproteínas, es decir, glucoproteínas que presentan en su estructura ácido siálico. Se trata de pequeñas cadenas polipeptídicas con capacidad infecciosa. A diferencia de otros agentes infecciosos conocidos que presentan ácidos nucleicos, un prion solo está compuesto por aminoácidos. La palabra prion fue acuñada en el año 1982 por el neurólogo estadounidense Stanley Prusiner, al investigar una serie de enfermedades irreversibles que afectaban al sistema nervioso central. Prion es un acrónimo inglés derivado de las palabras proteína e infección.

La encefalopatía bovina espongiforme se debe a proteínas infecciosas denominadas priones.

Los priones se propagan de un organismo a otro mediante la transmisión de proteínas anómalas con mal plegamiento. Cuando un prion entra en un organismo sano, actúa sobre unas proteínas normales plegadas similares al prion, modificándolas y convirtiéndolas en priones. Los priones recién formados convierten a otras proteínas sanas en priones, provocando una reacción en cadena que produce grandes cantidades de la proteína prion. Hay que tener en cuenta que la propagación del prion depende de la presencia de la proteína normalmente plegada. Los organismos que no expresan la forma normal de la proteína plegada no pueden desarrollar o transmitir la enfermedad. Es importante señalar que los priones no generan respuestas inmunológicas, son resistentes a proteasas y a elevadas temperaturas, causan mutaciones de otras proteínas normales del sistema nervioso y originan vacuolización del tejido nervioso.

En los animales, las enfermedades causadas por priones se caracterizan por descoordinación en los movimientos, ceguera o la muerte. Las más conocidas son la encefalopatía espongiforme bovina (llamada enfermedad de las vacas locas) y el scrapie, en ovejas y cabras. En el ser humano se conoce el mal de Creutzfeldt-Jakob, el insomnio familiar fatal, la enfermedad de Gerstmann-Straussler-Scheinker y el Kuru que es una enfermedad restringida a poblaciones de Papúa Nueva Guinea y se relaciona con prácticas caníbales; es decir, por el consumo de cerebros humanos como un acto ritual funerario. También hay microorganismos como la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que se ven afectados por priones.

Lumbreras Editores

Referencias bibliográficas

- AUDESIRK, Teresa. *Biología, ciencia y naturaleza*. México: Pearson educación, 2004.
- CAMPBELL, Neil A. y Jane B. REECE. *Biología*. Sétima Edición. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2007.
- SOLOMON, E.; BERG, L.; MARTIN, D. y C. VILLEE. *Biología*. Octava edición. México: McGraw-Hill Interamericana, 2008.

LECTURA

Yo, una vez, tuve sida

Timothy Brown era un estudiante en Berlín, Alemania, cuando en el año 1995 se le diagnosticó VIH positivo. Los médicos le dieron unos dos años de vida. Sin embargo, un año después se empezó a comercializar el targa (terapia antirretroviral de gran actividad), que hizo que el VIH dejara de ser una sentencia de muerte, para convertirse en una enfermedad controlada para millones de personas en todo el mundo.

El joven estudiante toleraba bien los medicamentos, sin embargo, comenzó a sentir mucha fatiga. Se le hicieron nuevos exámenes y para mala suerte se le diagnosticó leucemia en el año 2006, por lo que tuvo que recibir inmediatamente quimioterapia.

Al médico Gero Huetter se le ocurrió intentar un trasplante de médula ósea con un donante que tenía una mutación del receptor CCR5. Las personas sin ese receptor parecen ser resistentes al VIH debido a que carecen de la puerta de entrada a través del cual el virus puede ingresar en las células. Las personas con esta mutación son extremadamente raras en el mundo.

La idea del Dr. Huetter era intentar curar el cáncer y el VIH al mismo tiempo. Timothy Brown fue sometido así a un trasplante de médula ósea utilizando células madre de un donante con una mutación del CCR5. Al mismo tiempo, dejó de tomar los fármacos antirretrovirales. En poco tiempo, no se detectaba el VIH en Brown. Posteriormente fue sometido a un segundo trasplante de médula ósea en 2008, utilizando las células madre del mismo donante.

Desde el año 2007 hasta la actualidad, Timothy Brown sigue dando negativo en la prueba del VIH, impresionando a los investigadores y ofreciendo prometedoras perspectivas sobre cómo la terapia puede llevar a la cura. "Yo soy la prueba viviente de que podría haber una cura para el sida", arengó Brown, quien en su página se presenta como Timothy Brown, "el hombre que una vez tuvo sida".

Desde que se conoció su caso, Brown asiste a conferencias sobre el sida y aseguró que trata de utilizar su fama para buscar financiación a la lucha contra el sida. Cuando le preguntaron si siente que su curación fue un milagro, respondió: "Es difícil de decir, depende de las creencias religiosas de cada uno, si creemos que fue solo gracias a la ciencia médica o que se trató de una intervención divina", sostuvo. "Yo diría que es un poco de ambas cosas".

Preguntas resueltas

Problema 1

¿Cuál de los siguientes personajes descubrió el virus del mosaico del tabaco?

A) Jenner
B) Ivanovski
C) Blumberg
D) Baltimore
E) Montagnier

Resolución

Dmitri Iósifovich Ivanovski fue un biólogo ruso que descubrió a los virus en el año 1892. Investigó una enfermedad que afectaba las hojas del tabaco, a la que se refirió como *wildfire* (fuego salvaje). Años más tarde descubrió que la enfermedad era causada por un agente infinitamente pequeño capaz de atravesar los filtros de porcelana, algo que las bacterias no podrían hacer.

Clave B

Problema 2

No es una característica de los virus.

A) Son acelulares, siendo inactivos cuando se encuentran fuera de la célula.
B) Contienen solo un tipo de ácido nucleico: ADN o ARN.
C) Contienen una cubierta lipídica llamada cápside que protege el genoma.
D) Algunos virus presentan adicionalmente una envoltura lipoproteica.
E) Solamente se replican dentro de las células.

Resolución

Los virus son agentes infecciosos que solo pueden multiplicarse dentro de las células de otros organismos. Los virus son demasiado pequeños para poder ser observados con la ayuda de un microscopio óptico, por lo que se dice que son submicroscópicos. Presentan una cubierta proteica llamada cápside que protege su ácido nucleico que puede ser ADN o ARN pero nunca ambos.

Clave C

Problema 3

La teoría ..... propone que los virus fueron pequeñas células que infectaron a células más grandes y que a lo largo del tiempo perdieron genes y estructuras que no necesitaban debido a su parasitismo intracelular.

A) de la coevolución
B) endosimbiótica
C) de la regresión
D) del gen vagabundo
E) quimiosintética

Resolución

La teoría de la regresión sostiene que los virus fueron pequeñas células que infectaron a células más grandes, pero que gradualmente fueron involucionando. Las bacterias del género *Rickettsia* y *Chlamydia* son células muy pequeñas que, al igual que los virus, solo pueden reproducirse dentro de células.

Clave C

Lumbreras Editores

Problema 4

Con respecto al virus del mosaico del tabaco podemos afirmar que

A) es un virus tipo ADN que afecta a la hoja del tabaco.
B) fue el primer viroide descubierto.
C) Adolfo Mayer hizo la primera descripción de la enfermedad.
D) afecta principalmente las raíces del tabaco.
E) presenta una simetría icosaédrica.

Resolución

El virus del mosaico del tabaco es un virus tipo ARN con simetría helicoidal que produce manchas amarillentas en las hojas del tabaco. Fue el primer virus descubierto, sin embargo Adolf Mayer en 1883 hizo la descripción inicial de la enfermedad, indicando que podía transferirse entre plantas de manera similar a las infecciones bacterianas.

Clave C

Problema 5

¿Cuál de las siguientes alternativas presenta un virus con ARN bicatenario?

A) Rabia
B) Sarampión
C) VIH
D) Rotavirus
E) Moquillo

Resolución

El rotavirus es un virus desnudo con simetría icosaédrica que presenta ARN bicatenario y que pertenece a la familia *Reoviridae*. El genoma es ARN de cadena doble y, por lo tanto, se incluyen en el grupo III de la clasificación de Baltimore. Este virus puede afectar el aparato gastrointestinal y respiratorio del hospedero. El rotavirus es la causa más común de diarrea grave en neonatos y niños pequeños.

Clave D

Problema 6

Con respecto al virus sincitial respiratorio podemos afirmar que

A) presenta ADN.
B) pertenece a la familia *paramixoviridae*.
C) ocasiona infecciones respiratorias principalmente en adultos.
D) es un viroide que afecta a los animales.
E) es un virus dermotrópico.

Resolución

El virus sincitial respiratorio humano es un virus tipo ARN que pertenece a la familia *Paramixoviridae*, la cual incluye a virus causantes del sarampión y la parotiditis. Este virus causa infección del aparato respiratorio, sobre todo durante la infancia y la niñez, puede causar bronquiolitis, produciendo un cuadro respiratorio grave que requiere hospitalización, esto ocurre mayormente en bebés prematuros.

Clave B

Problema 7

Según la clasificación de Baltimore los herpes virus presentan ADN bicatenario el cual se integra al ADN de la célula, por lo tanto, pertenecen al grupo

A) I. B) II. C) III.
D) IV. E) V.

Lumbreras Editores

Resolución

El virus del herpes pertenece a la familia *Herpesviridae*, debe su nombre al término griego *herpein* que significa 'reptar' o 'arrastrar', haciendo referencia a la facultad de estos agentes infecciosos microscópicos de ser fácilmente transmitidos de una persona a la otra. Son virus que presentan ADN bicatenario, el cual se une al ADN de la célula. Según la clasificación de Baltimore pertenecen al grupo I, siendo los virus más simples.

Problema 8

Etapa del ciclo viral en la que el virus se une a la célula en forma específica mediante moléculas que reconocen químicamente a complejos moleculares.

A) penetración
B) liberación
C) integración
D) adsorción
E) retrotranscripción

Resolución

La primera etapa del ciclo viral se denomina adsorción, se caracteriza porque el virus se une a la célula hospedadora en forma específica mediante moléculas que reconocen químicamente a ciertos complejos moleculares de tipo proteico, lipoproteico y glucoproteico en la superficie de la célula y se unen a ellos en forma estable.

Problema 9

La enzima presente en el VIH que transforma su material genético en ADN se denomina

A) integrasa.
B) transcriptasa reversa.
C) proteasa.
D) ARN asa.
E) ADN polimerasa.

Resolución

El VIH presenta diversos genes, entre los cuales les destaca el gen Pol que codifica cuatro enzimas que se encuentran dentro de la cápside viral, estas enzimas son la transcriptasa inversa, la ARN asa, la integrasa y la proteasa. La transcriptasa inversa, conocida como p50, tiene la función de formar ADN viral a partir de ARN viral.

Problema 10

Las manchas de Koplik son características de

A) la varicela.
B) el sarampión.
C) el sida.
D) la poliomielitis.
E) la rabia.

Resolución

Las manchas de Koplik son manchas blanquecinas, pequeñas e irregulares, que aparecen en las mucosas dentro de la mejilla y lengua. Duran pocos días y son patognomónicas de las etapas tempranas del sarampión. Por lo general aparecen unos días antes de que aparezca la erupción.

Lumbreras Editores

Problema 11

Es una enfermedad que se transmite a través de mordedura o contacto directo con la saliva del animal infectado.

A) dengue
B) rabia
C) varicela
D) distémper
E) poliomielitis

Resolución

La rabia o hidrofobia es la zoonosis viral conocida más antigua. El virus de la rabia pertenece a la familia *Rhabdoviridae*, tiene forma de bastoncillo y consta de una sola cadena de ARN. Se sabe que si los animales tienen inestabilidad en la marcha están probablemente infectados por el virus de la rabia. En general, los animales presentan una secreción salival abundante que sirve como medio de cultivo para el virus.

Rpta. B

Problema 12

Indique el enunciado que no corresponde con la fiebre amarilla.

A) Es una enfermedad hemorrágica.
B) La ictericia es uno de sus síntomas principales.
C) Pertenece a la familia *Flaviviridae*.
D) Es causada por un virus tipo ADN.
E) Es transmitida por el mosquito *Aedes aegypti*.

Resolución

La fiebre amarilla o vómito negro es una enfermedad viral causada por un virus tipo ARN que pertenece a la familia *Flaviviridae*. Es una causa importante de enfermedad hemorrágica en muchos países de África y Sudamérica. El término amarillo hace referencia a la ictericia que caracteriza a los pacientes. Se transmite por la picadura de mosquitos de los géneros *Aedes* y *Haemagogus*.

Rpta. D

Problema 13

¿Cuál de los siguientes virus es de tipo ADN monocatenario?

A) Herpes tipo I
B) Varicela
C) Parvovirus B19
D) Hepatitis B
E) Papiloma humano

Resolución

El parvovirus humano B19 es un virus causante del eritema infeccioso (llamado también la quinta enfermedad), que afecta a niños pequeños. Se caracteriza por el signo de la cachetada que es un eritema simétrico en las mejillas asociado a la fiebre. Es clasificado como un eritrorovirus por su capacidad de invadir precursores eritrocíticos en la médula ósea. Es uno de los virus más pequeños. Su ácido nucleico es de tipo ADN monocatenario. Tiene cápside de forma icosaédrica desnuda y es muy resistente en el ambiente.

Rpta. C

Problema 14

Es un virus tipo ADN que para su transmisión requiere un estrecho contacto personal y se transmite a través de la saliva.

A) VIH
B) herpes tipo 4
C) rabia
D) poliomielitis
E) varicela

Lumbreras Editores

Resolución

El virus de Epstein Barr es un virus de la familia de los herpesvirus. Se le cataloga como virus del herpes tipo 4. Es el causante de la mononucleosis aguda infecciosa, enfermedad que se caracteriza por fiebre, faringitis, fatiga y ganglios linfáticos inflamados. Entre otros virus herpes tenemos el tipo 3, que es de la varicela zóster; tipo 5, que es el citomegalovirus; tipos 6 y 7, que causan el exantema súbito; y el tipo 8, que se asocia al sarcoma de Kaposi.

Problema 15

En el ciclo del VIH, el reconocimiento del virus al linfocito helper es posible gracias a ..... presente(s) en la membrana de la célula afectada.

A) la enzima integrasa
B) la enzima retrotranscriptasa
C) los correceptores CXCR4 y CCR5
D) los genes Gag
E) los capsómeros

Resolución

La fijación es la primera etapa de la invasión viral al linfocito helper. Se basa en el reconocimiento y acoplamiento de las proteínas gp 120 y gp 41 presentes en la envoltura viral, a las proteínas receptoras CD4 presentes en la membrana del linfocito helper. Este reconocimiento es posible gracias a los correceptores CXCR4 y CCR5 presentes en la membrana del linfocito Helper.

Problema 16

La fase sida se caracteriza porque el paciente presenta

A) inmunidad eficiente.
B) pruebas de Elisa negativas.
C) conteo suficiente de linfocitos Helper.
D) virus tipo ADN en sus fluidos corporales.
E) infecciones por *Pneumocystis jiroveci*.

Resolución

El sida es la etapa crítica de la infección por VIH, en la que el paciente posee un sistema inmunológico muy debilitado ya que pierde día a día linfocitos helper. Durante esta etapa el paciente es víctima de infecciones oportunistas tanto virales, bacterianas y micóticas que conducen a la muerte del paciente. Se da un incremento muy elevado de las tasas de replicación viral. Entre las infecciones más frecuentes destacan la tuberculosis, neumonías por el hongo *Pneumocystis jiroveci*, candidiasis e infección por citomegalovirus.

twitter.com/calapenshko

Preguntas propuestas

1. Los virus son agentes infecciosos de animales, plantas y bacterias. ¿Cómo se denomina al virus cuando se encuentra en su estadio extracelular?

   A) viroide B) vibrio C) virión
   D) virusoide E) prion

2. El material genético presente en el virus del sida es de tipo

   A) ADN monocatenario.
   B) ARN monocatenario.
   C) ADN bicatenario.
   D) ARN bicatenario.
   E) ARN y ADN.

3. Marque la alternativa en la que encuentre una enfermedad causada por un virus tipo adenotrópico.

   A) herpes
   B) parotiditis
   C) papiloma humano
   D) influenza
   E) sida

4. El genoma presente en el virus causante del síndrome de inmunodeficiencia adquirida se caracteriza por

   A) presentar solo ARN.
   B) tener solo ADN.
   C) tener la enzima transcriptasa.
   D) ser ADN o ARN.
   E) estar formado por ARN circular.

5. La infección viral implica un ciclo ..... y un ciclo ....., este último se caracteriza por la destrucción de la célula hospedera.

   A) sexual - asexual
   B) viral - lisogénico
   C) lisogénico - lítico
   D) extracelular - intracelular
   E) lítico - lisogénico

6. ¿Cuál de las siguientes alternativas corresponde a un retrovirus?

   A) No presentan la enzima retrotranscriptasa.
   B) La síntesis de ADN es dirigida por el ARN.
   C) No atacan a linfocitos.
   D) Es inofensivo a los seres humanos.
   E) Su genoma presenta timina.

7. Los virus son agentes infecciosos que atacan a diversos tipos de células. Identifique la alternativa que le corresponda.

   A) Carecen de células y pertenecen al reino monera.
   B) Todos presentan ADN bicatenario.
   C) Se replican en el estadio extracelular.
   D) Presentan una cápside de polisacáridos.
   E) Se cristalizan en su estadio extracelular.

8. Los virus son asociaciones nucleoproteicas infecciosas. Marque la alternativa correcta con respecto a la actividad viral.

   A) Tienen replicación solo en su estadio extracelular.
   B) Son seres vivos microscópicos que causan enfermedades.
   C) Son parásitos intracelulares ocasionales.
   D) Son partículas vivientes con alternancia intracelular y extracelular.
   E) Los retrovirus utilizan la enzima ADN polimerasa.

Lumbreras Editores

9. Cuando un virus ingresa a una célula bacteriana y no la destruye inmediatamente, es un bacteriófago de tipo

A) activo.
B) tumoral.
C) lítico.
D) lisogénico.
E) oncogénico.

10. La poliomielitis es una enfermedad viral que afecta la médula espinal del hombre, este virus se transmite por vía

A) respiratoria.
B) nerviosa.
C) digestiva.
D) sexual.
E) cutánea.

11. La partícula morfológicamente completa e infecciosa en un virus se denomina

A) cápside.
B) vibrio.
C) virión.
D) virusoide.
E) capsómero.

12. Los virus afectan a la célula hospedera de diferentes maneras, excepto

A) alterando la forma celular.
B) permitiendo la fusión de las membranas celulares.
C) haciendo que programen su propia muerte.
D) alterando la permeabilidad de la membrana celular.
E) realizando el ciclo lisogénico.

13. El VIH ataca a los linfocitos

A) B.
B) NK.
C) TCD4.
D) TCD8+.
E) TCD8–.

14. El VIH se transmite por diversos mecanismos, excepto por

A) sexo sin protección.
B) transmisión perinatal.
C) uso de jeringas o agujas infectadas.
D) transfusiones con productos infectados.
E) saludarse con un beso.

15. De los siguientes enunciados sobre los virus indique cuál es verdadero (V) o falso (F).

- Los vibriones sirven como vehículos de su material hereditario. ( )
- No realiza actividad metabólica. ( )
- Los que no presentan envoltura se les llama desnudos. ( )
- La nucleocápside está formada por el genoma y capsómeros. ( )

A) FVFV
B) VFFF
C) FVFF
D) VFVV
E) FVVV

16. La fase del ciclo viral en la que se construyen nuevas partículas virales para su posterior liberación se denomina

A) inyección.
B) liberación.
C) fijación.
D) transcripción.
E) ensamblaje.

17. Los siguientes son virus ADN y ARN, respectivamente.

A) adenovirus - hepatitis B
B) sarampión - rubéola
C) rubéola - rabia
D) hepatitis B - hepatitis A
E) rabia - VIH

Lumbreras Editores

18. Son proteínas que interrumpen la síntesis de ARN viral y obstruyen la llegada del ARN viral a los ribosomas eucariontes.

A) citocromos
B) anticuerpos
C) polimerasas
D) interferones
E) inmunoglobulinas

19. Indique las células que presenten receptores CD4

I. macrófago
II. osteocito
III. eritrocito
IV. monocito
V. linfocito helper

A) I, II, III
B) III, IV, V
C) II, III, IV
D) I, IV, V
E) II, IV, V

20. ¿Cuál es la relación más apropiada entre una célula y un virus?

A) competencia
B) parasitismo
C) comensalismo
D) mutualismo
E) simbiosis

21. ¿Cuál de las siguientes enfermedades es causada por virus?

A) mal de las vacas locas
B) malaria
C) distémper
D) tuberculosis
E) exocortis

22. Los virus que afectan a las células que carecen de carioteca se denominan

A) bactericidas.
B) bacteriófagos.
C) fagocíticos.
D) retrovirus.
E) lentivirus.

23. Los ..... son agentes infecciosos formados por sialoproteínas, que ocasionan el mal de las vacas locas.

A) virus
B) viroides
C) virusoides
D) priones
E) retrovirus

24. La ..... es una enfermedad causada por un virus tipo ARN que se distribuye en epidemias estacionales y que se expande de manera rápida originando pandemias.

A) varicela
B) influenza
C) condilomatosis
D) rabia
E) hepatitis B

Lumbreras Editores

Capítulo XXVIII

Enfermedades bacterianas

Objetivos

- Conocer la flora microbiana normal del organismo humano.
- Describir la patogenia de la infección bacteriana.
- Explicar la resistencia bacteriana a los antibióticos.
- Describir el agente causal, modo de transmisión, cuadro clínico y prevención de las principales enfermedades bacterianas.

Si bien es cierto que las bacterias tienen gran importancia en la ecología, agricultura e industria, también resultan ser perjudiciales al ser humano ya que es la causa de una serie de enfermedades que provocan estragos en nuestra población.

En esta lucha contra estos microorganismos, ha tenido un papel decisivo el descubrimiento de los antibióticos, ya que su empleo ha logrado disminuir en muchos casos la morbilidad y mortalidad de muchas enfermedades. Ante ello las bacterias han respondido generando resistencia a los antibióticos, constituyendo actualmente un problema de salud pública a nivel mundial, ya que bacterias como los neumococos o *mycobacterium*, al generar resistencia a los antibióticos, provoca la muerte de niños y de pacientes hospitalizados.

En este sentido, vivimos en nuestro país un gran problema de salud pública, ya que se están incrementando los casos de pacientes con tuberculosis MDR y XDR, provocando la muerte, sobre todo, en pacientes que adolecen de las mínimas condiciones de vida.

En este capítulo vamos a describir y analizar las principales enfermedades bacterianas que afectan a nuestra población, poniendo énfasis en el agente etiológico, modo de transmisión, periodo de incubación, cuadro clínico y prevención.

Robert Koch fue el iniciador de la bacteriología médica moderna, descubrió el bacilo del ántrax y de la tuberculosis.

- Gracias a la invención del microscopio por A. Leeuwenhoek (1632-1723) se pudo observar por primera vez diversos tipos de microorganismos, incluidas las bacterias.
- Los estudios pioneros de Louis Pasteur (1822-1895) generaron un gran aporte a la microbiología, ya que trajo abajo la teoría de la generación espontánea, mostrando cómo un medio puede permanecer estéril aun permaneciendo comunicado con el exterior; para ello utilizó los matraces con cuello de cisne. Pasteur demostró que los microorganismos son los causantes de las enfermedades y no los fermentos de los medios en putrefacción.
- En 1884, Robert Koch propuso una serie de postulados que sirvieron para relacionar especies bacterianas específicas con una enfermedad particular. Los postulados de Koch han permanecido como la base principal de la microbiología; sin embargo, a fines del siglo XIX se demostró que algunos microorganismos no satisfacen los criterios de los postulados como causantes de enfermedades. Es así que el *Treponema pallidum* (agente causal de la sífilis) y el *Mycobacterium leprae* (causa la lepra) no crecen *in vitro*; sin embargo, existen modelos animales de la infección con estos agentes.
- Joseph Lister (1827-1912), tomando en cuenta los trabajos de Pasteur, relacionó los microorganismos presentes en el aire con las infecciones en heridas o en las operaciones de cirugía, que producían sepsis quirúrgicas, es decir, la putrefacción de las heridas de órganos sometidos a cirugía. Asimismo, introdujo sustancias bactericidas para curar heridas y esterilizar el material quirúrgico (alcohol), sentando de este modo las bases de la desinfección y la antisepsia o asepsia.
- En la primera mitad del siglo XX, los científicos estudiaron con detalle la estructura, fisiología y genética de los microbios y, de este modo, se pudo conocer la asociación entre las propiedades específicas de los microbios y la enfermedad. Los aportes de la genética permitieron conocer los genes implicados, así como entender su regulación.
- El descubrimiento de la penicilina por Alexander Fleming en 1929, y el de las sulfonamidas por Domagk en 1935, lograron un gran avance en quimioterapia. Estos conocimientos se aplicaron a las enfermedades bacterianas, infecciones fúngicas, parasitarias y virales.

Es la población de microorganismos que habitan la piel y las mucosas de las personas sanas. Incluyen microorganismos cuyas propiedades morfológicas, fisiológicas y genéticas les permiten colonizar y multiplicarse en las condiciones que existen en sitios específicos, coexistir con otros organismos colonizadores e inhibir a los organismos competidores.

Está formada por microorganismos que poseen un nicho establecido en una determinada región corporal, los cuales ocupan en forma indefinida.

Son microorganismos no patógenos o potencialmente patógenos, que habitan la piel o mucosas durante horas, días o semanas, provienen del medioambiente y no producen enfermedad.

Es importante señalar que si la flora residente se altera, los microorganismos transitorios pueden colonizar, proliferar y producir enfermedad.

Debido a que la piel está en íntimo contacto con el medioambiente es apta para alojar microorganismos transitorios. Sin embargo, existe una flora residente que es constante y bien definida.

Los microorganismos residentes predominantes de la piel son bacilos como *Corynebacterium* y *Propionibacterium*; estafilococos como *Staphylococcus epidermidis* y ocasionalmente *Staphylococcus aureus*. Asimismo, suele encontrarse en la piel otros grupos bacterianos como *Streptococcus viridans*, *Enterococcus* y *Acinetobacter*. Muchas veces, los hongos y levaduras se encuentran en los pliegues cutáneos; las micobacterias abundan a nivel de genitales y oído externo.
Ni el sudor abundante, el lavado o el baño pueden eliminar o modificar de manera significativa la flora residente normal. Muchas veces, en la piel y tejidos blandos, las bacterias aerobias y anaerobias se unen y causan infecciones como gangrena y celulitis.

La mucosa de la boca y faringe tiene como flora residente al *Streptococcus viridans*. En las primeras horas de vida se adquieren estafilococos aerobios y anaerobios, diplococos gramnegativos (*Neisseria*), difteroides y, algunas veces, lactobacilos.

En la nariz encontramos principalmente corinebacterias, estreptococos y estafilococos (*S. epidermidis* y *S. aureus*). La flora oronasal mixta generalmente causa infecciones en la boca y las vías respiratorias.

La superficie de los dientes y los surcos gingivales contienen un gran número de bacterias anaerobias. La placa es una película de células bacterianas, que se anclan en una matriz de polisacáridos secretada por los microorganismos.

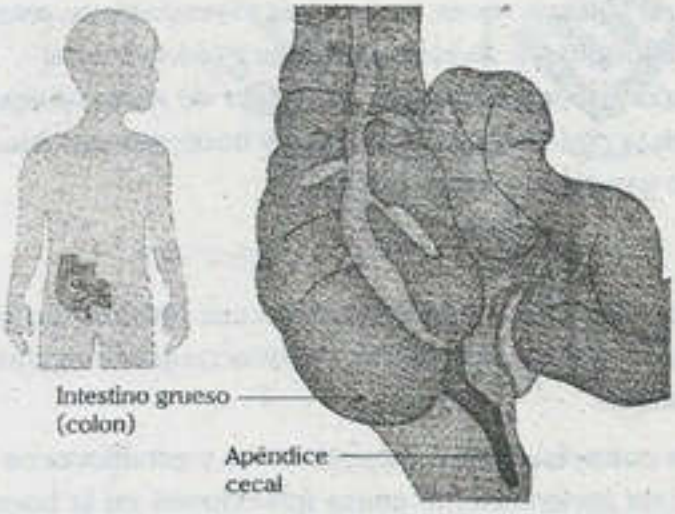
Lumbreras Editores

Al nacer, el intestino es estéril, pero pronto se introducen microorganismos con los alimentos. En niños con lactancia materna, el intestino contiene abundantes estreptococos y lactobacilos. En niños alimentados con biberón existe una flora normal más variada en el intestino y los lactobacilos son menos abundantes. Conforme los hábitos alimentarios se desarrollan y se aproximan al patrón del adulto, la flora intestinal cambia.

El estómago contiene pocos o ningún microorganismo residente cuando la persona está sana, debido a la acción del HCl. En la porción superior del intestino delgado predominan los lactobacilos y los enterococos, pero en la porción inferior del íleon la flora es fecal.

El 96% a 99% de la flora bacteriana residente del colon consta de anaerobios como *Bacteroides fragilis* y *Fusobacterium*; lactobacilos anaerobios como *Bifidobacterium, Clostridium* y cocos anaerobios grampositivos. Solo del 1% al 4% de la flora está representada por bacterias coliformes gram negativas, enterococos y un pequeño número de *Proteus, Pseudomonas*, lactobacilos, *Candida* y otros microorganismos.

Las bacterias del colon participan en la síntesis de la vitamina K, la conversión de pigmentos y de ácidos biliares, la absorción de nutrientes y el desdoblamiento de productos, así como para el antagonismo a patógenos microbianos.



Actualmente se plantea que la función básica del apéndice cecal es la producción y protección de los diferentes microorganismos que forman la flora bacteriana colónica.

Poco después del nacimiento, el pH vaginal es ácido por la presencia de lactobacilos aerobios; cuando el pH se vuelve neutro (permaneciendo así hasta la pubertad) se observa una flora mixta de cocos y bacilos. En la pubertad reaparecen los lactobacilos y mantienen el pH ácido mediante la producción de ácido láctico a partir del glucógeno. Después de la menopausia, los lactobacilos disminuyen y retorna la flora mixta.

La flora normal consta de estreptococos del grupo B, peptostreptococos, especies de *Prevotella, Clostridium, Gardnerella vaginalis, Ureaplasma urealyticum, Listeria* y *Mobiluncus*. Los microorganismos vaginales presentes en el momento del parto pueden infectar al recién nacido, tal como ocurre con los estreptococos del grupo B.

Involucra el inicio del proceso infeccioso y los mecanismos que favorecen el desarrollo de signos y síntomas de la enfermedad.

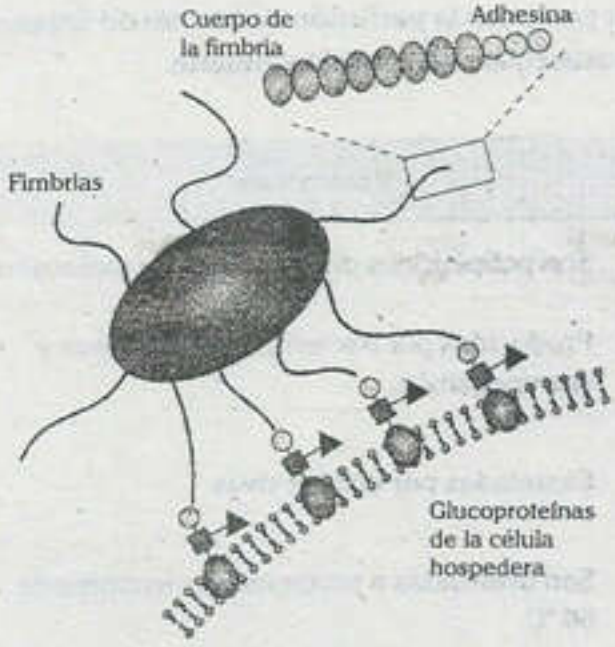
La infección bacteriana incluye los siguientes procesos:

La puerta de entrada más frecuente de las bacterias patógenas al organismo son los lugares donde las mucosas se unen a la piel, tal como ocurre con las vías respiratorias superiores e inferiores, la cavidad bucal y el tracto genitourinario. Las partes lesionadas de la mucosa y de la piel (heridas, quemaduras) también son sitios frecuentes de entrada. Tener en cuenta que la piel y las mucosas normales son la primera línea de defensa contra la infección, por tanto los agentes patógenos deben superar estas barreras para causar una enfermedad infecciosa.

Una vez que la bacteria ingresa al organismo del hospedero debe adherirse a las células de la superficie de un tejido, si no se adhiere será arrastrada por el moco y otros líquidos que bañan la superficie del tejido.

Existen varios factores de adherencia, uno de ellos es la hidrofobicidad de la superficie bacteriana. Cuanto más hidrofóbica sea la superficie de la célula bacteriana, mayor será la adherencia a la célula hospedera.

Otro factor de adherencia está dado por el *pili* bacteriano, estos ayudan a mediar la adherencia de la bacteria a la superficie de la célula hospedera.



Las adhesinas son proteínas que forman parte de las fimbrias y participan en la adhesión de la bacteria al hospedero.

Algunas bacterias invaden los tejidos a través de las uniones entre las células epiteliales; otras invaden tejidos específicos de células epiteliales del hospedero y posteriormente pueden penetrar al tejido. Una vez que la bacteria se encuentra dentro de la célula hospedero, puede permanecer encerrada en una vacuola, o la membrana vacuolar puede disolverse y la bacteria se dispersa en el citoplasma. Asimismo, algunas bacterias como las *Shigellas* se multiplican dentro de las células del hospedero.

La *Legionella pneumophila* infecta los macrófagos alveolares y produce neumonía. La adherencia de esta bacteria a los macrófagos induce la formación de un seudópodo delgado y largo que se enrrolla alrededor de la bacteria para formar una vesícula. La vesícula permanece intacta, la fusión del fagolisosoma se inhibe y la bacteria se multiplica dentro de la vesícula.

Luego de la invasión microbiana el agente patógeno debe sobrevivir y multiplicarse ante las múltiples defensas del hospedero, pero ello no es suficiente para ocasionar una enfermedad, ya que se necesita que la bacteria provoque alguna alteración en la función del hospedero. Para ello, las toxinas bacterianas representan el principal mecanismo de daño al hospedero. Estas pueden ser de dos tipos: exotoxinas y endotoxinas.

Es un lipopolisacárido (LPS) que forma parte de la pared celular de la bacteria gramnegativa, no es un producto secretado por la bacteria.

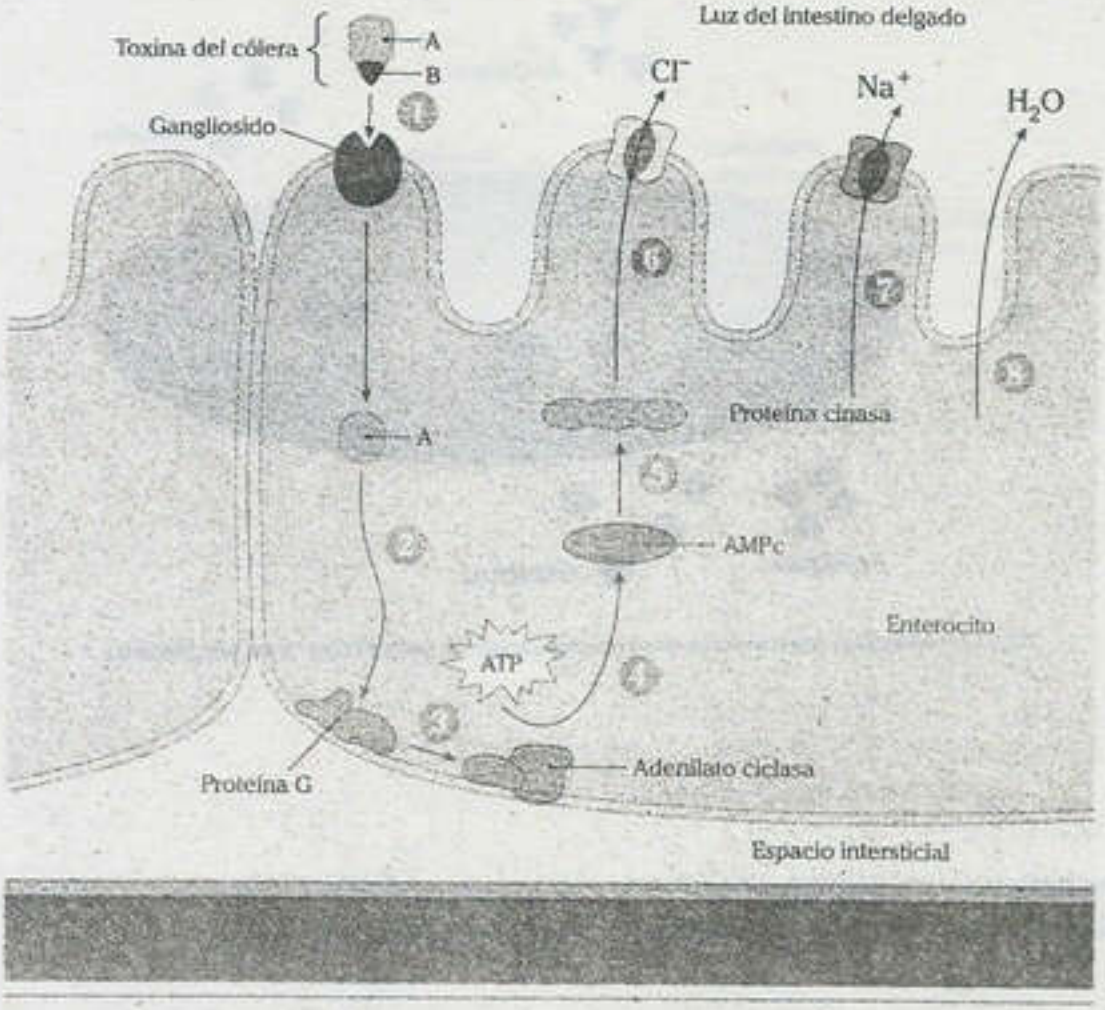
En la sangre, las endotoxinas se adhieren a las proteínas circulantes, que luego interactúan con los receptores de macrófagos o monocitos. Se liberan citocinas y se activan las cascadas del complemento y de la coagulación, provocando fiebre, leucopenia e hipoglicemia; hipotensión y choque, que provocan la perfusión deficiente de órganos esenciales (cerebro, corazón, riñón); coagulación intravascular diseminada y muerte.

Exotoxinas	Endotoxinas
• Son polipéptidos de elevado peso molecular.	• Son lipopolisacáridos complejos.
• Producidas por bacterias grampositivas y gramnegativas.	• Sintetizadas solo por bacterias gramnegativas.
• Excretadas por células vivas.	• Forman parte de la pared celular y son liberadas al morir la bacteria.
• Son destruidas a temperaturas mayores de 60 °C.	• Resisten el calor a temperaturas mayores de 60 °C.
• Altamente tóxico.	• Moderadamente tóxica.
• Generalmente no produce fiebre.	• Por lo general produce fiebre en el hospedero.
• Bacterias que producen exotoxinas - *Clostridium tetani* - *Clostridium botulinum* - *Corynebacterium diptheriae* - *Staphylococcus aureus* - *Vibrio cholerae* - *Escherichia coli*	• Bacterias que producen endotoxinas - *Salmonella typhi* - *Neisseria meningitidis* - *Pseudomona aeruginosa* - *Klebsiella pneumoniae* - *Proteus mirabilis*

Son moléculas proteicas que poseen cierto grado de especificidad para la célula hospedera, ya que actúa sobre receptores específicos localizados en la superficie de esta.

El *Clostridium tetani* es un bacilo anaerobio grampositivo que produce tétanos. Las formas vegetativas de esta bacteria producen la toxina tetanoespasmina, la cual bloquea la liberación de glicina y ácido γ aminobutírico (neurotransmisores inhibitorios), esto hace que las neuronas motoras nunca se inhiban; trayendo como resultado una parálisis espástica.

El *Vibrio cholerae* es el agente causal del cólera, enfermedad diarreica causada por toxinas. Luego de su ingesta, la bacteria alcanza la mucosa intestinal y se adhiere a las microvellosidades del borde en cepillo del enterocito intestinal. La enterotoxina ingresa a la membrana celular e incrementa la actividad de la adenilatociclasa y la concentración de AMPc. Esto da lugar a la secreción rápida de electrolitos en la luz del intestino delgado, con disminución de la absorción de sodio y cloro y pérdida de bicarbonato.



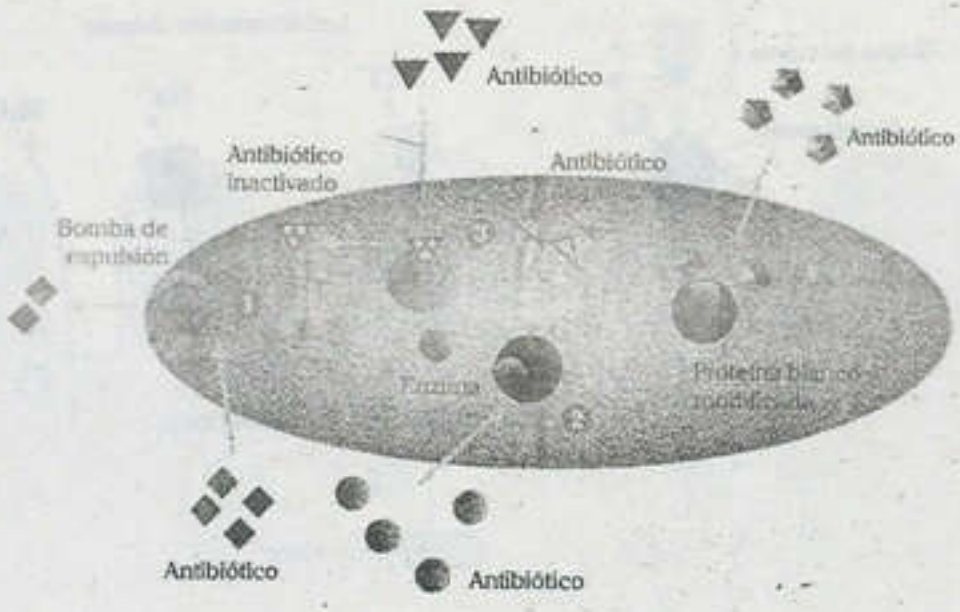
La toxina del *Vibrio cholerae* favorece la secreción de Na^+ y Cl^- dando lugar a una diarrea acuosa con pérdida de abundante agua y electrolitos.

▸ RESISTENCIA BACTERIANA A LOS ANTIBIÓTICOS

Es la capacidad que desarrolla una bacteria para resistir los efectos de un antibiótico. Esta resistencia ocurre naturalmente por selección natural a través de mutaciones generadas al azar, pero también puede desarrollarse artificialmente. Las bacterias pueden transmitir esta nueva información genética a través de la conjugación, que es el intercambio de plásmidos.

Las bacterias poseen diversos mecanismos para desarrollar la resistencia a los antibióticos:

- Producen enzimas que destruyen al fármaco.
- Cambian su permeabilidad al fármaco.
- Alteran estructuralmente el "blanco" del fármaco.
- Desarrollan una vía metabólica diferente que pasa por alto la reacción inhibida por el fármaco.
- Desarrollan una enzima diferente que todavía puede ejecutar su función metabólica, pero es mucho menos afectada por el fármaco.



Las bacterias han desarrollado diversos mecanismos para resistir a los antibióticos.

twitter.com/calapenshko

▸ ENFERMEDADES BACTERIANAS

La difteria

Es una enfermedad aguda de origen bacteriano que puede afectar a la nasofaringe y que puede dar lugar a la obstrucción de las vías respiratorias y, eventualmente, la muerte.

La difteria es una enfermedad infecciosa producida por *Corynebacterium diphtheriae*, bacteria grampositiva cuyas cepas toxigénicas causan la enfermedad. Las cepas no toxigénicas raras producen enfermedad y cuando lo hacen esta suele ser leve y sin complicaciones generalizadas.

La bacteria se transmite de persona a persona por contacto directo con las mucosas de las vías respiratorias de un individuo enfermo o de un portador transitorio, es decir, de aquel que alberga la bacteria pero no padece la enfermedad. Rara vez la transmisión se produce por contacto con lesiones cutáneas o fómites.

7.4.3. Período de incubación

El periodo de incubación es de dos a cinco días, con un rango de uno a diez días.

La difteria se caracteriza por el engrosamiento del cuello al cual se le denomina "cuello de toro".

7.4.4. Cuadro clínico

La difteria, por lo general, se manifiesta como faringitis o amigdalitis. Se presenta malestar, irritación de la garganta y fiebre. Además, se desarrolla un parche de exudado o membrana sobre las vías respiratorias superiores. Los intentos para desprender la membrana provocan sangrado.

El edema y la inflamación de los tejidos blandos circundantes y las adenopatías cervicales anteriores pueden dar lugar al denominado "cuello de toro", el cual es indicativo de infección grave. Los síntomas generales comienzan a desaparecer con la caída de la membrana.

7.4.5. Prevención

La base de la prevención de la difteria es la inmunización. La vacuna es de gran eficacia. La aplicación de tres a cuatro dosis de toxoide diftérico produce inmunidad mediante la estimulación de la producción de antitoxinas.

El principal objetivo de la prevención es limitar la distribución de bacilos diftéricos toxígenos en la población y mantener un nivel tan alto de inmunización activa como sea posible.

Para limitar al mínimo el contacto con el bacilo diftérico, los pacientes con difteria deben ser aislados. Sin tratamiento, un gran porcentaje de las personas infectadas continúa eliminando bacilos diftéricos durante semanas o meses después de la recuperación (portadores convalecientes).

7.5. TOS CONVULSIVA O TOS FERINA

La tos convulsiva es una enfermedad bacteriana aguda que afecta a las vías respiratorias. Se caracteriza por una tos que se hace paroxística y puede durar varios meses; es más grave en los lactantes y en los niños de corta edad.

7.5.1. Agente causal

El agente infeccioso de la tos convulsiva es el bacilo *Bordetella pertussis*. Es un patógeno exclusivo del hombre y algunos primates. Es un bacilo gramnegativo, pleomórfico y se presenta en pares o solo. Cabe indicar que *Bordetella parapertussis* produce una enfermedad semejante pero generalmente más leve.

Lumbreras Editores

B. pertussis se transmite de una persona a otra a través de las microgotas diseminadas en aerosoles por la tos o el estornudo, o por contacto directo con las secreciones de las vías respiratorias de las personas infectadas. La tos convulsiva es una enfermedad muy contagiosa, con tasas de ataque secundarias entre los contactos familiares susceptibles hasta 90%, y de 50 a 80% entre escolares.

Una característica de la tos convulsiva es la tos persistente.

El periodo de incubación es de siete a diez días, variando de cuatro a veintiún días.

B. pertussis se fija a las células ciliadas de la nasofaringe, donde prolifera y se disemina hacia las células ciliadas de la tráquea y los bronquios, a este nivel produce toxinas que paralizan los cilios y provocan muerte celular. El cuadro clínico se divide en tres fases:

Es muy semejante a una infección leve de las vías aéreas superiores (rinofaringitis). Se caracteriza por coriza (rinorrea), estornudos, fiebre baja y tos leve ocasional. La tos progresa en una a dos semanas hasta volverse paroxística.

Se caracteriza por episodios graves de tos paroxísticas, debido a la dificultad para expulsar el moco espeso del árbol traqueobronquial. Esta tos se continúa con un estridor inspiratorio prolongado de tono bajo, vómitos o ambos, y el paciente puede presentar cianosis.

Los episodios de tos paroxística comienzan a atenuarse en forma paulatina y rara vez duran más de dos a seis semanas.

La prevención de esta enfermedad es a través de la vacunación. Todo niño debe recibir tres inyecciones de vacuna *pertussis* durante el primer año de vida, seguidos de dos refuerzos para dar un total de cinco dosis. Se utilizan vacunas acelulares que contienen uno a cinco antígenos. Esta vacuna suele administrarse en combinación con los toxoides diftérico y tetánico (DPT).

Es una enfermedad bacteriana aguda que con frecuencia es mortal y se caracteriza por rigidez muscular progresiva y espasmos convulsivos de los músculos esqueléticos.

El agente causal del tétanos es el *Clostridium tetani*, bacilo grampositivo anaerobio que puede desarrollar una espora terminal. La bacteria es sensible al calor y no puede sobrevivir en presencia de oxígeno. Las esporas son muy resistentes al calor y a los antisépticos de uso corriente. Pueden sobrevivir a 121 °C durante diez o quince minutos.

La vía de entrada al organismo del *Clostridium tetani* suele ser una herida. Sin embargo, se han reportado casos posteriores a operaciones quirúrgicas, extracciones dentales, quemaduras, otitis media, mordeduras de animales y abortos.

Tiene un intervalo de tres a veintiún días y, generalmente, es de unos ocho días. Frecuentemente, cuanto más alejado del sistema nervioso central se encuentra el punto de entrada de las esporas, más largo es el periodo de incubación. La mortalidad es directamente proporcional a la duración del periodo de incubación, y si este es más corto se asocia con mayor mortalidad.

C. tetani ingresa a través de una herida. En condiciones anaeróbicas (baja tensión de oxígeno), las esporas germinan y producen toxinas, estas actúan sobre el sistema nervioso central y nervios motores periféricos, provocando contracciones musculares y espasmos, así como convulsiones y alteraciones del sistema nervioso autónomo.

Las toxinas del tétanos afectan al sistema nervioso central provocando espasmos y contracciones musculares.

Existen tres formas diferentes de tétanos:

Forma poco frecuente de la enfermedad la cual se caracteriza por contracciones musculares persistentes en la misma zona de la herida o lesión. Las contracciones pueden persistir durante muchas semanas y luego desaparecen. El tétanos local puede preceder al tétanos generalizado.

Se presenta ocasionalmente asociada con una otitis media o después de una herida en la cabeza. Puede afectar generalmente al nervio facial.

Es la forma de presentación más frecuente (80%). Se caracteriza por trismo (espasmo de los músculos maseteros), seguido por rigidez de nuca, dificultad para la deglución y rigidez de los músculos abdominales. Asimismo, se presenta aumento de la temperatura, sudoración, incremento de la tensión arterial y episodios de taquicardia. Los espasmos pueden durar varios minutos y persistir durante tres o cuatro semanas. La recuperación total puede tardar varios meses.

El tétanos es completamente prevenible con una vacuna antitetánica activa, la cual brinda protección por diez años. En estudios realizados en soldados se ha demostrado que la protección es eficaz hasta doce años después de la última vacunación.

Durante el primer año de vida se deben administrar tres dosis de la vacuna DPT, la cual brinda protección para el tétanos así como para la difteria y tos convulsiva.

Enfermedad bacteriana intestinal aguda que, en su forma grave, se caracteriza por un inicio repentino, con diarrea acuosa y abundante, sin dolor.

El agente etiológico del cólera es el *Vibrio cholerae* el cual es una bacteria gramnegativa, curvo en forma de coma y móvil, ya que posee un flagelo polar. Existen muchos serogrupos, siendo el serogrupo 01 y 0139 los que han provocado epidemias.

Esta enfermedad infecciosa se transmite por la ingestión de una dosis infectante de agua o alimentos contaminados. El agua suele contaminarse con heces de individuos infectados y puede contaminar por sí misma directamente a los alimentos.

Se extiende desde unas horas hasta cinco días; por lo común, de dos a tres días.

La rehidratación oral es de vital importancia en pacientes que sufren de esta enfermedad.

El cólera se caracteriza por una diarrea acuosa, profusa, sin dolores abdominales ni fiebre. En los casos severos, la deshidratación puede producir choque por hipovolemia, hipokalemia y acidosis. Las heces se describen como "agua de lavado de arroz", ya que son líquidas, incoloras y con algunos grumos de moco.

Las características clínicas del cólera son el resultado de la extrema pérdida de líquidos y desequilibrio de electrolitos, lo que puede conducir a una deshidratación extrema, hipotensión y muerte en cuestión de horas si no se trata.

La toxina del cólera ocasiona en el epitelio intestinal una acumulación excesiva de AMPc en la membrana celular, lo que ocasiona una hipersecreción de cloro, potasio, bicarbonato y moléculas de agua asociados hacia el exterior de la célula.

Si viajamos a un país de alto riesgo, se recomienda lo siguiente:

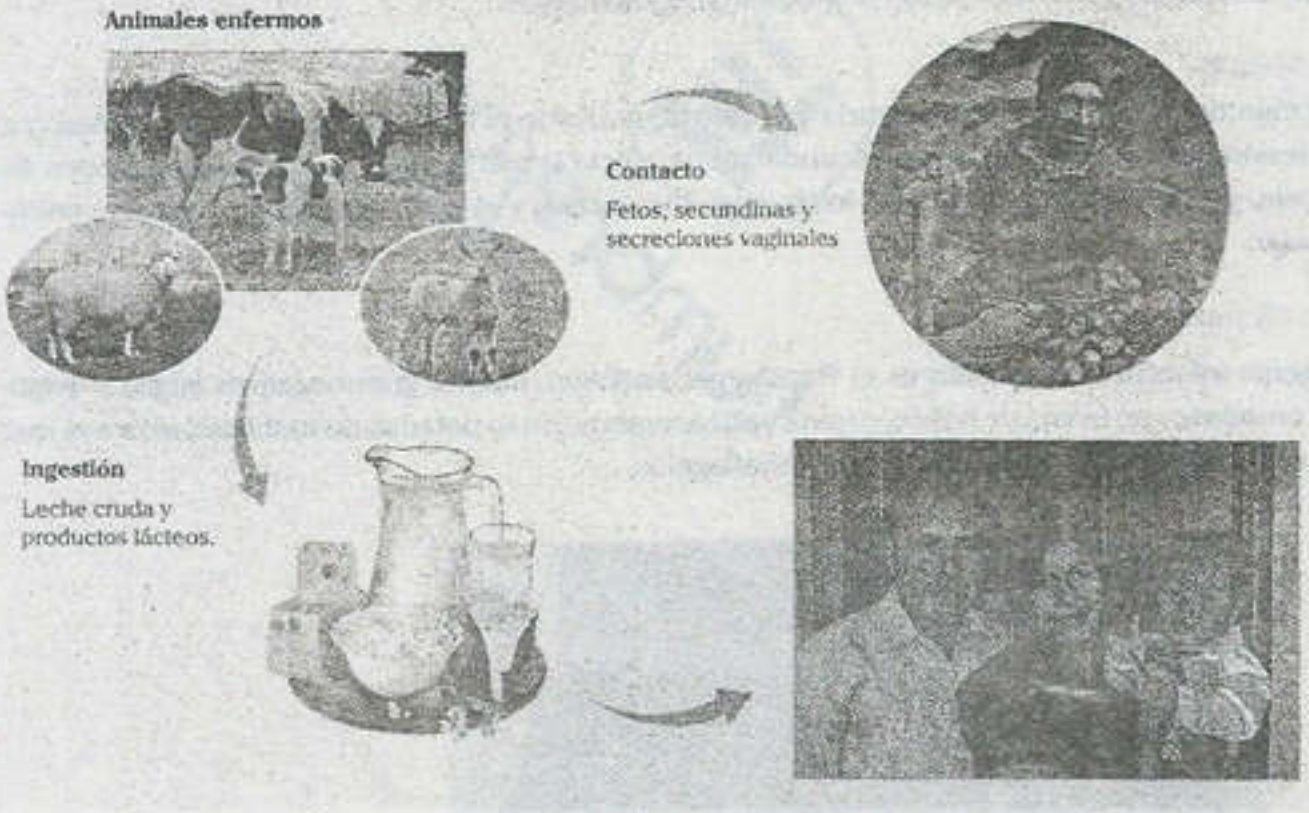
- Consumir solo agua hervida o tratada con cloro.
- Consumir alimentos bien cocidos o frutas peladas por uno mismo.
- No consumir pescados ni ostras crudas o poco cocidas.
- Evitar ensaladas y vegetales crudos.
- Evitar alimentos y bebidas de vendedores callejeros.

Enfermedad bacteriana generalizada que se caracteriza por fiebre continua, intermitente o irregular de duración variable; cefalea, artralgia y malestar generalizado.

Esta enfermedad infecciosa es producida por diversas bacterias del género *Brucella*, como *B. abortus*, *B. melitensis* y *B. suis*.

Las especies del género *Brucella* son cocobacilos pequeños gramnegativos e inmóviles, que no se tiñen con colorantes acidorresistentes y que no forman esporas.

La brucelosis es una infección zoonótica transmitida por animales domésticos y salvajes. Los seres humanos pueden contraer la enfermedad por contacto directo con animales infectados y sus secreciones, o por la ingesta de productos contaminados como la leche o los productos lácteos no pasteurizados.



Mecanismo de la transmisión de la brucelosis

La infección se transmite mediante inoculación a partir de cortes y abrasiones en la piel, por inhalación de aerosoles contaminados, por contacto con la mucosa de la conjuntiva ocular o mediante la ingesta oral.

5.5.3. Periodo de incubación

El periodo de incubación varía desde menos de una semana hasta varios meses, pero en la mayoría de los casos los pacientes se enferman durante la tercera y cuarta semana luego de la exposición.

5.5.4. Cuadro clínico

La brucelosis se inicia con malestar general, escalofríos y fiebre. Es común la aparición de diaforesis (sudoración profusa) al inicio de la noche. El patrón de fiebre nocturna periódica (fiebre ondulante) por lo común continúa por semanas, meses o incluso uno o dos años. Los pacientes sufren enfermedad crónica con dolor de todo el cuerpo, cefalea y anorexia. Asimismo, se puede presentar esplenomegalia, linfadenopatía y hepatomegalia. En ocasiones, se desarrolla infección localizada en el pulmón, los huesos, el corazón, el encéfalo y el sistema genitourinario.

5.5.5. Prevención

Se basa principalmente en medidas que reducen la exposición ocupacional y en la pasteurización de los productos lácteos.

El control de la brucelosis en animales incluye la combinación de inmunización con cepas atenuadas de *B. abortus* y la erradicación de los animales infectados.

5.6. SÍFILIS

Infección de transmisión sexual aguda y crónica que desde el aspecto clínico se caracteriza por una lesión primaria, una erupción secundaria que afecta la piel y las mucosas; largos periodos de latencia, y lesiones tardías en la piel, los huesos, las vísceras y el sistema nervioso central y cardiovascular.

5.6.1. Agente causal

El agente infeccioso de la sífilis es el *Treponema pallidum*, bacilos gramnegativos largos y delgados, enrollados en forma de hélice, espiral o sacacorchos. Están dotados de motilidad activa ya que giran constantemente alrededor de sus endoflagelos.

La aparición de casos de sífilis congénita pone de manifiesto deficiencias de orden tanto estructural como técnico en los servicios de salud.

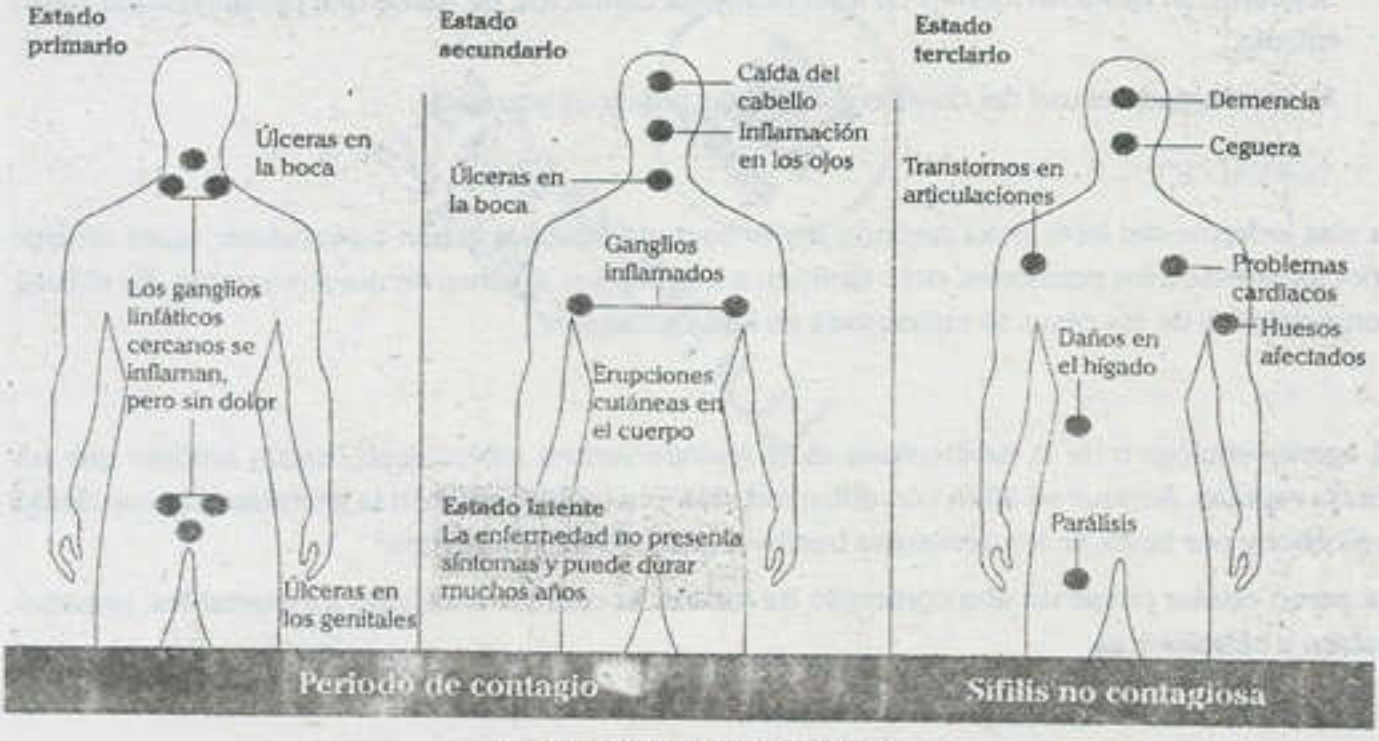
Lumbreras Editores

Generalmente, la infección se adquiere por contacto sexual directo con una persona que tenga lesiones sifilíticas primaria o secundaria activa.

Algunas veces, la enfermedad puede diseminarse por contacto no genital con las lesiones (por ejemplo con los labios), por compartir agujas con usuarios de drogas intravenosas o por transmisión transplacentaria al feto en los primeros tres meses de infección materna (infección congénita).

Va de diez días a tres meses, generalmente es de tres semanas.

Luego de la exposición, las bacterias penetran rápidamente la piel o la membrana mucosa e ingresan al torrente sanguíneo, produciendo una infección sistémica.



Manifestaciones clínicas de la sífilis.

La sífilis progresa a través de cuatro etapas distintas:

Luego de dos a diez semanas después de la infección aparece una pápula en el sitio infectado, la cual se rompe para formar una úlcera de base dura y limpia ("chancro duro"). Esta lesión siempre cicatriza espontáneamente.

Las lesiones secundarias aparecen dos a diez semanas después de las lesiones primarias. Ocurre una enfermedad sistémica que incluye fiebre, linfadenopatía generalizada, cefalea, dolor de garganta y una erupción cutánea que compromete palmas de las manos y plantas de los pies. Existe aparición de condilomas planos en áreas húmedas del cuerpo como axilas y periné. También puede presentarse hepatitis, meningitis, nefritis, entre otros.

Es una etapa en la cual no hay manifestaciones clínicas. Es detectada únicamente a través de pruebas serológicas.

Se caracteriza por el desarrollo de lesiones granulomatosas en piel, huesos e hígado; cambios degenerativos del sistema nervioso central; o lesiones cardiovasculares.

- Tratamiento oportuno y adecuado de todos los casos descubiertos.
- Seguimiento hasta las fuentes de infección y los contactos, de modo que puedan recibir tratamiento.
- Se recomienda el uso del condón durante las prácticas sexuales.

Es una enfermedad infecciosa causada por la bacteria *Mycobacterium tuberculosis*, suele afectar principalmente a los pulmones, pero también a los diversos órganos de nuestro cuerpo. En el Perú cerca del 60% de los casos se concentran en Lima y Callao.

El agente etiológico de la tuberculosis es el *Mycobacterium tuberculosis*, bacilo aerobio que no forma esporas. Aunque se tiñen con dificultad, una vez teñidos resisten la decoloración con ácido o alcohol y, por tanto, se les denomina bacilos ácidoalcoholrresistentes.

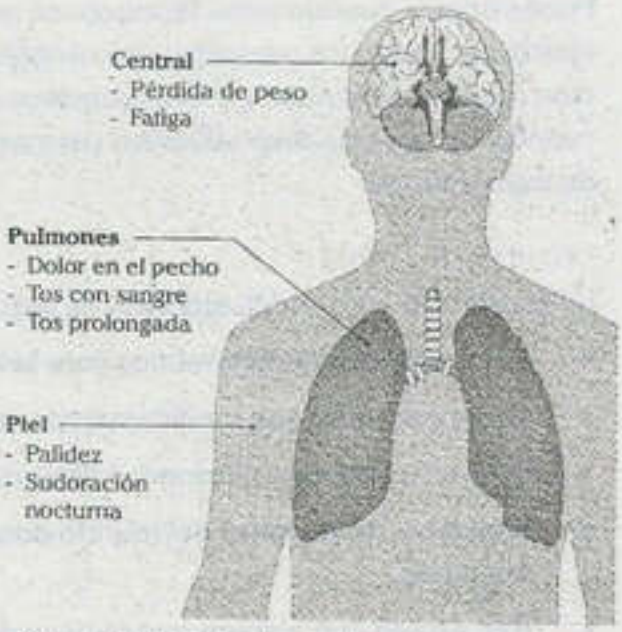
La pared celular posee un alto contenido de lípidos, la cual las hace más invulnerables, impenetrables e hidrofóbicas.

La fuente de infección más frecuente es el ser humano que elimina, particularmente de las vías respiratorias, un gran número de bacilos tuberculosos. El contacto estrecho (por ejemplo en la familia) y la exposición masiva (por ejemplo en el personal de salud) hacen más probable la transmisión por los núcleos de las pequeñas gotas de la secreción respiratoria.

Se extiende de dos a diez semanas aproximadamente. La infección por el VIH incrementa el riesgo y acorta el lapso entre la infección tuberculosa y la aparición de la enfermedad.

La tos es el síntoma clásico de la tuberculosis. Al principio es seca, pero a medida que progresa la enfermedad se produce esputo que incluso puede mezclarse después con sangre (hemoptisis). A medida que avanza la enfermedad suele presentarse fiebre, malestar general, fatiga, sudoración y pérdida de peso.

La tuberculosis extrapulmonar es menos frecuente que la pulmonar (30% y 70%, respectivamente). Los pacientes con VIH tienen un mayor riesgo de tuberculosis extrapulmonar, pero la forma pulmonar sigue siendo el tipo más frecuente en todo el mundo, incluso en estos grupos más susceptibles. La enfermedad se puede localizar en cualquier órgano como los ganglios linfáticos, pleura, pericardio, riñones, huesos y articulaciones, laringe, oído medio, piel, intestinos, peritoneo y ojos.



Síntomas principales de la tuberculosis pulmonar

5.7.5. Prevención

- Vacunación de los recién nacidos con la BCG (Bacilo de Calmette-Guérin).
- Diagnóstico precoz y tratamiento oportuno a los pacientes enfermos.
- El paciente debe cubrirse la boca con un pañuelo al toser y estornudar.
- No escupir en el suelo.
- Buena ventilación en la vivienda y en el lugar de trabajo.
- Adecuada alimentación balanceada.

Tuberculosis Multirorgánica resistente (TB MDR)

Definición

La TB MDR es causada por un *Mycobacterium* resistente a por lo menos dos medicamentos, como la isoniazida y la rifampicina, que son los más agresivos y eficientes para el tratamiento de esta enfermedad. Estos medicamentos se utilizan actualmente para tratar a todos los pacientes enfermos de tuberculosis.

Transmisión

Se da de la misma manera que la tuberculosis en la que no hay resistencia a los medicamentos. Cuando una persona enferma de tuberculosis pulmonar o de la garganta tose, estornuda, habla o canta, las bacterias de la tuberculosis se liberan al aire y pueden permanecer ahí durante varias horas, dependiendo del ambiente. Las personas que respiran el aire que contiene los microbios de la tuberculosis pueden infectarse.

Puede ocurrir cuando estos fármacos se administran o se usan en forma incorrecta, como por ejemplo, cuando los pacientes no completan su tratamiento; cuando los proveedores de atención médica prescriben en forma equivocada el tratamiento, la dosis o la duración del mismo; cuando no hay una disponibilidad permanente de medicamentos o si los medicamentos son de mala calidad.

Factores de riesgo

La resistencia a los medicamentos es más común en las personas que:

- No toman sus medicamentos para la tuberculosis en forma regular.
- No toman todos sus medicamentos según las indicaciones de su médico o enfermera.
- Vuelven a tener la enfermedad después de haber tomado los medicamentos para tratarla.
- Provienen de regiones del mundo donde la tuberculosis resistente a los medicamentos es frecuente.
- Han estado con alguien que padece de tuberculosis resistente a los medicamentos.

DISA/DIRESA/GERESA	Casos TB MDR 2013
[illegible]	[illegible]
[illegible]	20
[illegible]	30
[illegible]	20
[illegible]	17
[illegible]	17
[illegible]	15
Cusco	11
Madre de Dios	11
Huánuco	10
San Martín	9
Arequipa	6
Huancavelica	4
Puno	4
[illegible]	3
[illegible]	3
[illegible]	3
[illegible]	2
[illegible]	2
[illegible]	1
Amazonas	0
Moquegua	0
Pasco	0

Prevención

Lo más importante que una persona puede hacer para prevenir la propagación de la TB MDR es tomar todos sus medicamentos exactamente de acuerdo a las indicaciones del médico. No se debe dejar de tomar ninguna dosis y no se debe suspender el tratamiento sin que se haya completado. Los pacientes deben dar a conocer a su médico si tienen problemas para tomar sus medicamentos. Si tienen pensado viajar, deben hablar con su médico y asegurarse de llevar suficientes medicamentos para todo el viaje.

El personal de salud puede colaborar en la prevención de la TB MDR mediante el diagnóstico rápido de los casos, el seguimiento de las directrices recomendadas para el tratamiento, la vigilancia de la respuesta de los pacientes al tratamiento y la verificación de que el tratamiento se haya completado.

Tuberculosis extremadamente drogorresistente (TB XDR)

La TB XDR es un tipo de tuberculosis multirresistente en la cual se observa resistencia a la isoniacida y a la rifampicina, así como a otros dos medicamentos más.

Debido a que la TB XDR es resistente a los medicamentos más poderosos para el tratamiento de esta enfermedad, los pacientes solo cuentan con opciones de tratamiento que son mucho menos eficaces y a menudo estos presentan resultados poco favorables.

Es particularmente preocupante en personas con la infección por el VIH y otras afecciones que puedan debilitar el sistema inmunitario. Estas personas tienen más probabilidad de contraer la tuberculosis después de adquirir la infección y también tienen un mayor riesgo de muerte después de contraer la enfermedad.

Lumbreras Editores

5.2. BARTONELOSIS

Infección bacteriana causada por la *Bartonella bacilliformis*, transmitida por un vector (mosquito) que puede presentarse en dos fases: un proceso febril agudo, potencialmente letal, y una fase eruptiva crónica.

5.2.1. Agente causal

El agente etiológico de la enfermedad es la *Bartonella bacilliformis*, una bacteria gramnegativa, pleomórfica y aeróbica. La bartonelosis se encuentra exclusivamente limitada a áreas localizadas del Perú, Ecuador y Colombia.

5.2.2. Modo de transmisión

El único reservorio conocido es el ser humano y se transmite por la picadura de un vector biológico, un mosquito del género *Lutzomyia*. Estos mosquitos son conocidos como "titira" o "manta blanca".

Este insecto al picar a un ser humano infectado adquiere la *B. bacilliformis* y al picar a otro ser humano susceptible lo infecta con la bacteria.

5.2.3. Periodo de incubación

Es de dieciséis a veintidós días, pero ocasionalmente puede ser de tres a cuatro meses.

La enfermedad tiene dos fases bien definidas: la primera, la fase aguda hemática, llamada fiebre de la Oroya, y la segunda, la fase crónica eruptiva, conocida como verruga peruana.
La fase aguda puede tener una letalidad que puede llegar al 90% cuando no es tratada, y si el tratamiento es oportuno la mortalidad disminuye a 9%. Dentro de las complicaciones más frecuentes de esta fase aguda están las cardiovasculares y neurológicas.

La fase crónica de la bartonelosis se caracteriza por la aparición de verrugas principalmente en manos, pies y piernas.

La fase eruptiva es conocida como verruga peruana y se presenta generalmente en las zonas endémicas afectando principalmente a los niños y adolescentes, sin que estas hayan tenido el cuadro clínico típico de la fase aguda. Las lesiones eruptivas generalmente se localizan en los miembros superiores, inferiores y en la cara, duran sin tratamiento entre tres a seis meses y no dejan cicatriz alguna.

- En áreas endémicas se deben proteger contra la picadura de mosquitos utilizando camisas de mangas largas, pantalones y repelentes.
- Uso de mosquiteros.
- No pernoctar cerca de los lugares que pueden ser criaderos del mosquito.

Lumbreras Editores

Es una enfermedad bacteriana sistémica que se caracteriza por fiebre continua, cefalea intensa, malestar general, anorexia, esplenomegalia. La letalidad está asociada principalmente al desarrollo de complicaciones gastrointestinales como la perforación y hemorragias intestinales.

Es causada por la bacteria *Salmonella typhi*, este es un bacilo gramnegativo que pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*. Es anaerobio facultativo, flagelado y no esporulado.
Posee un antígeno Vi que le da la capacidad para adherirse a las células intestinales del hospedero y sobrevivir intracelularmente convirtiéndolo más virulento.

La fiebre tifoidea se transmite por la ingesta de agua y alimentos contaminados con heces u orina de enfermos o portadores. En algunas regiones, por mariscos procedentes de lechos contaminados con aguas servidas; las frutas y verduras fertilizadas con heces o regadas con agua contaminada; la leche y los productos lácteos contaminados; y los enfermos no diagnosticados son importantes vehículos de transmisión.

Se extiende entre siete y catorce días, con un intervalo de tres a sesenta días.

3.3.2. Cuadro clínico

La sintomatología clínica consiste en fiebre alta, dolores de cabeza, malestar general, falta de apetito, bradicardia relativa, esplenomegalia, manchas rosadas en el tronco (roséola tífica), constipación intestinal o diarrea.

La principal complicación es la hemorragia intestinal, causada por la ulceración de las placas de Peyer del íleon.

3.3.3. Prevención

Tiene su sustento en medidas sociosanitarias, con buen control de las aguas residuales, sistemas de abastecimiento de aguas y manipulación de alimentos. Se debe extremar la higiene personal, sobre todo el lavado de manos.

En caso de viaje a las zonas endémicas se recomienda la inmunización, ya que se dispone de dos tipos de vacunas que nos pueden proteger por dos años.

Referencias bibliográficas

- BROOKS, Geo; CARROL, Karen; BUTEL, Janet; MORSE, Stephen y Timothy MIETZNER. *Microbiología médica de Jawetz, Melnick y Adelberg*. 18ª edición. México: Editorial El Manual Moderno, 2005.
- GARCÍA PORRAS, Luis. *El cólera*. Lima: Editorial Alyem, 1992.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. *Módulo de principios de epidemiología para el control de enfermedades*. Segunda edición. Washington: OPS, 2002.
- RYAN, Kenneth. *Sherris Microbiología Médica*. Quinta edición. México: McGraw-Hill Interamericana, 2011.

LECTURA

Enfrentar los determinantes sociales de la tuberculosis es un compromiso de todos

Es hora de que todos los que componemos la sociedad aportemos desde nuestro "mundo" en el control de la tuberculosis (TBC). La tuberculosis no es solo una enfermedad infectocontagiosa causada por una bacteria, es una enfermedad eminentemente social y multicausal.

Esta enfermedad es el resultado de una compleja interacción entre factores sociales, la respuesta del organismo ante la bacteria y la capacidad de producir enfermedad por la bacteria tuberculosa.

La bacteria por sí sola no causa la enfermedad. El mejor ejemplo somos el personal de salud, que estimo un 60% estamos contagiados con la bacteria; es decir, durante nuestra labor diaria nos hemos infectado con el bacilo tuberculoso, pero no nos enfermamos porque no tenemos otros determinantes que necesita la bacteria para causar daño en nuestro organismo. Pero si no comemos bien, nos adelgazamos, estamos en constante estrés, comenzamos a tomar medicamentos que debilitan nuestras defensas, o lo que es peor nos infectamos del virus del VIH/SIDA que nos destroza nuestro sistema inmune, entonces la bacteria comienza a reproducirse dentro de nuestro cuerpo y nos enfermamos de tuberculosis, y si no nos damos cuenta a tiempo, entonces podemos desarrollar formas extensas con cavernas (huecos en los pulmones) y formas resistentes, que dificultan el tratamiento, y podemos quedar con secuelas o fallecer por tuberculosis.

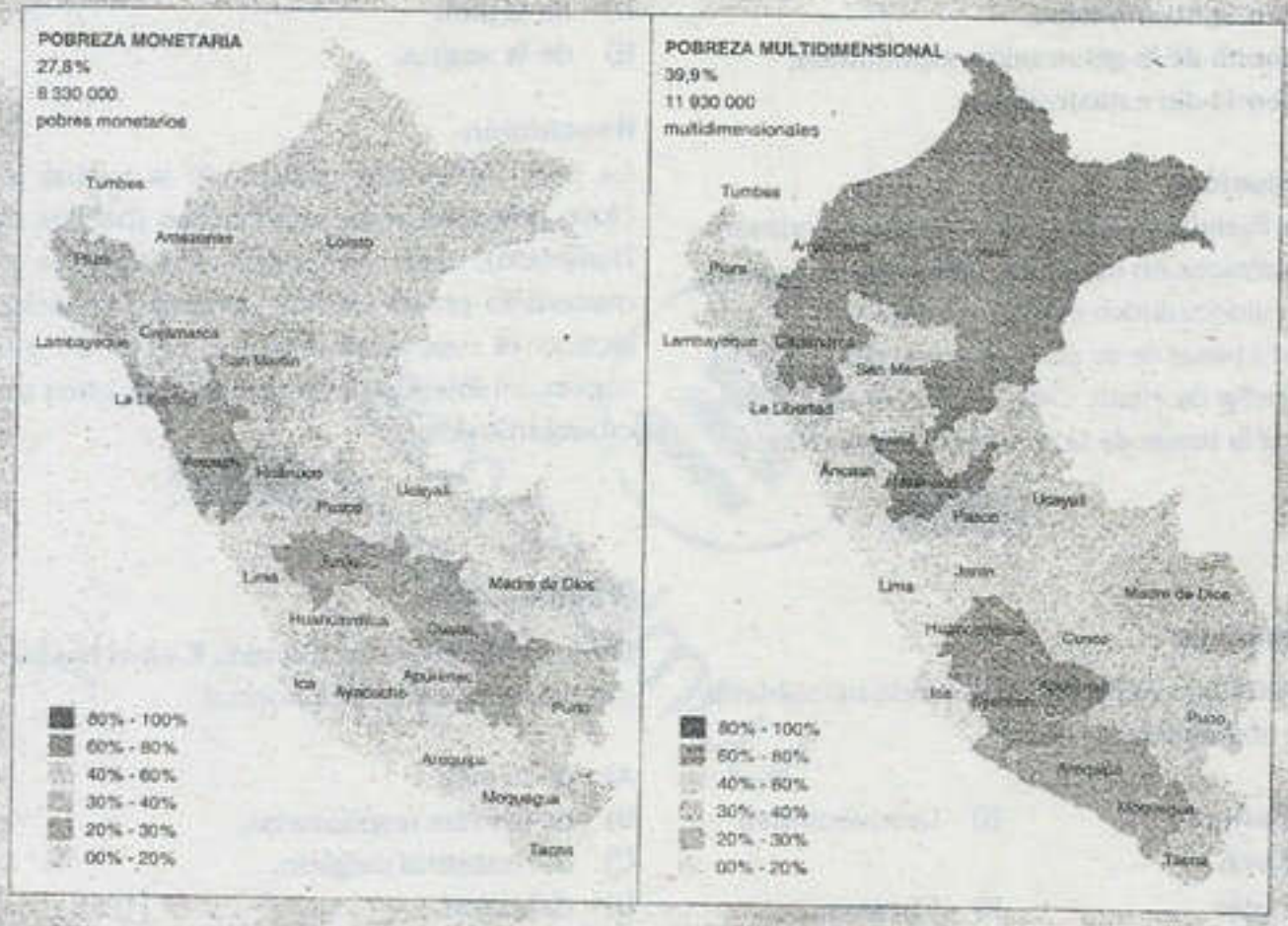
De todas las personas que se infectan con el bacilo de la tuberculosis, solo el 10% desarrollará la enfermedad, los otros controlarán la infección y morirán de otras causas. En cambio en las personas con VIH el 50% hará la enfermedad, por lo que se sabe ahora que el VIH es el principal factor de riesgo para padecer tuberculosis. Si bien aún nos falta fortalecer la respuesta médica, mejorando el diagnóstico y tratamiento gratuito de la tuberculosis; el abordaje de los **determinantes sociales** de la tuberculosis requiere de una mayor atención, como dije, de toda nuestra sociedad y de nuestras autoridades civiles.

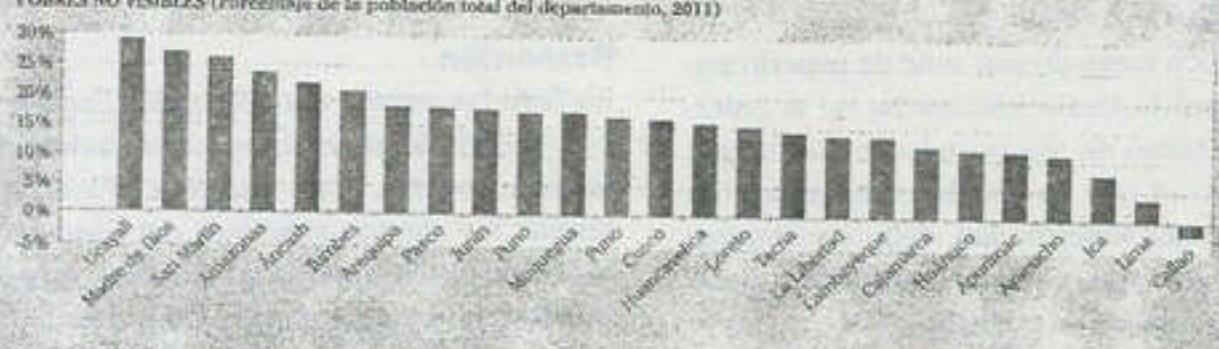
Un determinante es la causa del efecto, o la causa raíz. Los principales determinantes sociales para enfermarnos de tuberculosis son:

1. La pobreza, es causa y efecto de la tuberculosis.
2. Desempleo y subempleo, además es causa de pobreza.
3. Hacinamiento urbano (vivienda, lugar de trabajo, estudio y transporte público), facilita la transmisión entre personas que cohabitan un espacio reducido.
4. Bajo nivel educativo, conocimiento del riesgo de enfermar y reconocimiento de la enfermedad: si no se conoce no se previene ni se interviene a tiempo (las personas no buscan rápidamente asistencia médica).

5. Discriminación y estigma a los pacientes y expacientes, dificulta la búsqueda de ayuda, temor a ser rechazados.
6. Acceso a servicios de salud de calidad, acceso geográfico, por idioma, etnia, cultura y por un débil sistema de salud.
7. Estilos de vida y otras condiciones individuales que incrementan el riesgo de infectarse de tuberculosis y desarrollar la enfermedad (VIH, diabetes, desnutrición, tabaquismo, alcoholismo, silicosis, trabajador de salud, poblaciones aglomeradas, prisiones, albergues, auspicios, personas sin hogar, etc.).

Fuente: http://www.tbperu.org/





Preguntas resueltas

Pregunta 1

Un gran aporte a la microbiología lo proporcionó Pasteur quien con sus experimentos demostró la falsedad de la

A) teoría de la biogénesis.
B) teoría de la panspermia.
C) teoría cosmozoica.
D) teoría de la generación espontánea.
E) teoría del catastrofismo.

Resolución

Louis Pasteur en 1861, utilizó en sus experimentos matraces en cuello de cisne en los que colocó caldo nutritivo estéril, estos no se contaminaron a pesar de su contacto con el aire a través del cuello de cisne. Con ello demostró la falsedad de la teoría de la generación espontánea.

Pregunta 2

Planteó los postulados de la teoría microbiana de la enfermedad.

A) Pasteur
B) Leeuwenhoek
C) Koch
D) Lister
E) Fleming

Resolución

Robert Koch luego de una serie de experimentos, planteó la teoría microbiana de la enfermedad. Dentro de sus postulados afirma que el germen al que se señala como el agente causal de una enfermedad, debe encontrarse siempre en estos pacientes, asimismo debe crecer en medios de cultivos.

Pregunta 3

Los bacilos de Doderlein forman parte de la flora normal

A) de la boca.
B) del estómago.
C) de la faringe.
D) de la piel.
E) de la vagina.

Resolución

La flora bacteriana normal de la vagina incluye principalmente lactobacilos (bacilos de Doderlein), estos convierten el glucógeno almacenado en las células vaginales, en ácido láctico, el cual proporciona el pH ácido a la vagina, inhibiendo el crecimiento de otros microorganismos.

Pregunta 4

El mayor aporte de la vitamina K en el organismo proviene de la flora normal

A) de la piel.
B) de las vías respiratorias.
C) del intestino delgado.
D) del colon.
E) de la vagina.

Resolución

La flora bacteriana del colon está constituida por 96-99% de anaerobios como bacteroides, lactobacilos, etc. Estas bacterias sintetizan vitamina K y algunas vitaminas del complejo B, así como descomponen la bilirrubina en estercobilina, que proporciona el color a las heces.

Lumbreras Editores

Pregunta 5

Reconozca la bacteria que secreta exotoxinas.

A) *Salmonella typhi*
B) *Proteus mirabilis*
C) *Neisseria meningitidis*
D) *Klebsiella pneumoniae*
E) *Clostridium tetani*

Resolución

El *Clostridium tetani* es un bacilo grampositivo que secreta una exotoxina neurotóxica llamada tetanoespasmina o toxina tetánica, la cual degrada una proteína necesaria para la liberación de neurotransmisores de las vesículas sinápticas, esto genera espasmos y parálisis espástica.

Rpta.: E

Pregunta 6

No es una característica de las exotoxinas.

A) altamente tóxicas
B) excretadas por células vivas
C) son lipopolisacáridos complejos
D) sintetizadas por bacterias grampositivas y gramnegativas
E) generalmente no producen fiebre

Resolución

Las exotoxinas son moléculas proteicas que son secretadas por algunas bacterias grampositivas y gramnegativas. Son tóxicas para sus hospedadores y se secretan al interior de su ambiente. Algunas exotoxinas actúan de manera directa sobre la superficie de las células hospedero con el fin de lisarlas o destruirlas.

Rpta.: C

Pregunta 7

En el Perú el agente causal de la tuberculosis ha generado resistencia a los antibióticos, es así que existe una tuberculosis MDR y XDR, lo cual significa, respectivamente,

A) miliar de resistencia - altamente drogorresistente.
B) multidrogorresistente - extremadamente drogorresistente.
C) múltiple de resistencia - potencialmente de resistencia.
D) multidrogorresistente - no drogorresistente.
E) miliar de resistencia - no drogorresistente.

Resolución

Según la OMS, la tuberculosis MDR (multidrogorresistente) se manifiesta cuando el bacilo de Koch es resistente por lo menos a dos medicamentos (isoniazida y rifampicina). La tuberculosis XDR (extremadamente drogorresistente) es resistente a los medicamentos mencionados y, por lo menos, a otros dos medicamentos más.

Rpta.: B

Pregunta 8

Identifique la enfermedad bacteriana que se transmite por vía cutánea.

A) difteria
B) tétanos
C) tos convulsiva
D) brucelosis
E) tuberculosis

Resolución

El *Clostridium tetani*, agente causal del tétanos, se transmite por vía cutánea. Las esporas de esta bacteria se introducen al cuerpo a través de una herida punzante contaminada, de magulladuras o desgarros, quemaduras o por inyección de drogas contaminadas.

Rpta.: B

Lumbreras Editores

Pregunta 9

Enfermedad bacteriana cuyos síntomas podrían aparecer al cabo de cinco horas.

A) tuberculosis
B) sífilis
C) tos convulsiva
D) tétanos
E) cólera

Resolución

El periodo de incubación del cólera es muy corto, ya que los síntomas pueden aparecer desde cinco horas hasta cinco días. Cuando apareció el cólera en América Latina en 1991, los sistemas de abastecimiento municipal deficientes, las aguas superficiales contaminadas y el inadecuado almacenamiento de agua en el hogar, ocasionaron una amplia transmisión del cólera por el agua.

Rpta.: E

Pregunta 10

De las siguientes patologías, escoja usted la enfermedad bacteriana cuya profilaxis es a través de la vacunación.

A) fiebre tifoidea
B) tos ferina
C) sarampión
D) brucelosis
E) dengue

Resolución

Una de las medidas de prevención contra la tos ferina o convulsiva es el empleo de vacunas. Todo niño debe recibir tres inyecciones de vacuna pertussis durante el primer año de vida, seguidas de dos refuerzos para dar un total de cinco dosis. La vacuna pertussis suele administrarse junto con los toxoides diftéricos y tetánico (DPT).

Rpta.: B

Pregunta 11

Enfermedad bacteriana que se transmite de persona a persona por contacto directo con las mucosas de las vías respiratorias.

A) fiebre tifoidea
B) fiebre malta
C) difteria
D) cólera
E) tuberculosis

Resolución

El *Corynebacterium diphtheriae* se transmite por gotas microscópicas de las secreciones respiratorias o por contacto con individuos susceptibles; después los bacilos crecen sobre las mucosas o en las excoriaciones de la piel y los bacilos toxigénicos comienzan a producir toxinas, la cual causa efectos neurotóxicos.

Rpta.: C

Pregunta 12

El cuadro clínico de la tos ferina se divide en

A) fase aguda y crónica.
B) fase catarral y de desarrollo.
C) fase de incubación y de convalecencia.
D) fase catarral, paroxística y de convalecencia.
E) fase no catarral y catarral.

Resolución

La tos ferina posee tres etapas en su cuadro clínico: a) etapa catarral, con una rinorrea abundante y mucoide, b) etapa paroxística, con tos convulsiva, secreciones mucoides y vómitos, y c) etapa de convalecencia, que se caracteriza porque los síntomas de la enfermedad desaparecen en forma gradual.

Rpta.: D

Lumbreras Editores

Pregunta 13

El agente etiológico del tétanos es una bacteria cuyo nombre científico es

A) *Escherichia coli.*
B) *Clostridium tetani.*
C) *Corynebacterium tetani.*
D) *Salmonella typhi.*
E) *Pseudomona aeruginosa.*

Resolución

El agente causal del tétanos es el *Clostridium tetani*, este es un bacilo grampositivo delgado, que forma esporas con facilidad en la naturaleza y en cultivos, produciendo una espora terminal que toma la apariencia de palillo de tambor. Sus esporas conservan su viabilidad en el suelo durante muchos años.

Pregunta 14

No constituye una vía de entrada al organismo del *Clostridium tetani.*

A) extracción dental
B) vía respiratoria
C) quemaduras
D) heridas
E) aborto

Resolución

Las esporas de *Clostridium tetani* se introducen en las heridas contaminadas con tierra o cuerpos extraños. A veces los casos de tétanos ocurren por extracciones dentales, quemaduras, cirugías o después del parto, cuando el cordón umbilical se corta sin tomar medidas de esterilización.

Pregunta 15

Señale la característica que no corresponde al *Vibrio cholerae.*

A) es una bacteria gramnegativa
B) posee forma de coma
C) presenta un flagelo polar
D) los serogrupos O1 y O139 han provocado epidemias
E) es inmóvil

Resolución

El *Vibrio cholerae* es un bacilo gramnegativo, curvo en forma de coma, de 2 a 4 um de longitud. Posee un flagelo polar el cual le proporciona una motilidad activa. Existen dos biotipos del *Vibrio cholerae* epidémico: el clásico y El Tor.

Pregunta 16

Es una enfermedad cuyo agente causal es una bacteria y causa una diarrea que toma la apariencia de "agua de lavado de arroz".

A) fiebre tifoidea
B) shigelosis
C) cólera
D) brucelosis
E) difteria

Resolución

El cólera se caracteriza por presentar abundante diarrea acuosa como "agua de lavado de arroz", esto conlleva a la deshidratación y desequilibrio de electrólitos. Estos efectos se deben a la acción de la toxina colérica secretada por la bacteria en la luz intestinal.

Lumbreras Editores

Pregunta 17

La brucelosis es una enfermedad bacteriana cuyo agente etiológico es

A) *Brucella suis.*
B) *Salmonella typhi.*
C) *Corynebacterium diphtheriae.*
D) *Vibrio cholerae.*
E) *Treponema pallidum.*

Resolución

La brucelosis es una infección bacteriana producida por tres especies de bacterias del género *Brucella* (*B. abortus, B. suis* y *B. melitensis*). Estas bacterias gramnegativas son inmóviles y no forman esporas. El ser humano adquiere la enfermedad por exposición ocupacional o por consumo de productos lácteos no pasteurizados.

Pregunta 18

Con relación al agente causal de la sífilis, señale la afirmación correcta.

A) Tiene forma pleomórfica.
B) Carece de motilidad.
C) No se transmite por la placenta.
D) Es un bacilo gramnegativo.
E) Se tiñe de color púrpura.

Resolución

El agente causal de la sífilis es el *Treponema pallidum*, esta bacteria es una espiroqueta que toma la apariencia de un sacacorchos. El calor, desecación y desinfectantes destruyen con rapidez a la bacteria. A diferencia de otras bacterias gramnegativas, su membrana externa carece de lipopolisacáridos.

Pregunta 19

La sífilis es una afección bacteriana que presenta un cuadro clínico con etapas diferentes, tales como

A) fase primaria y secundaria.
B) fase primaria, secundaria, latente y terciaria.
C) fase primaria, latente y secundaria.
D) fase aguda y latente.
E) fase aguda, crónica y latente.

Resolución

El cuadro clínico de la sífilis posee cuatro etapas: a) sífilis primaria, el cuadro inicia con una úlcera indolora que cicatriza espontáneamente, b) sífilis secundaria, hay linfadenopatía y exantema maculopapular generalizados, c) sífilis latente, no hay manifestación clínica, y d) sífilis tercianía, afectan al sistema nervioso central y sistema cardiovascular.

Pregunta 20

Enfermedad infecciosa bacteriana cuyo vector biológico es un mosquito que comúnmente es conocido con el nombre de "manta blanca".

A) malaria
B) enfermedad de Chagas
C) coqueluche
D) dengue
E) bartonelosis

Resolución

La bartonelosis es una enfermedad bacteriana producida por la *Bartonella bacilliformis* y transmitida por la picadura de un vector biológico conocido como "manta blanca o tifira". Los insectos solo pican entre el anochecer y el amanecer.

Lumbreras Editores

Pregunta 21

No corresponde al agente causal de la tuberculosis.

A) no forma esporas
B) son ácido-alcohol resistentes
C) pared celular rica en lípidos
D) es un bacilo anaerobio
E) la fuente de infección más frecuente es el ser humano

Resolución

El agente causal de la tuberculosis es el *Mycobacterium tuberculosis*, este es un bacilo que no se puede clasificar como grampositivo o gramnegativo. Se caracterizan por ser ácido-alcohol resistentes y aerobios obligados.

Clave D

Pregunta 22

En torno a la tuberculosis señale la afirmación incorrecta.

A) Puede afectar a diversos órganos.
B) Se transmite por vía respiratoria.
C) La infección por VIH incrementa el riesgo de contraerla.
D) La tos es su síntoma clásico.
E) Su periodo de incubación es 5-10 días.

Resolución

La tuberculosis es una infección bacteriana sistémica que generalmente afecta a los pulmones, pero también presenta estragos en diversos órganos (tuberculosis extrapulmonar). Se transmite por vía respiratoria, teniendo un periodo de incubación de 2-10 semanas. Los pacientes infectados con el VIH tienen más riesgo de contraer la tuberculosis.

Clave E

Pregunta 23

En nuestro medio el mayor porcentaje de casos de pacientes con tuberculosis se ubican en

A) Ica.
B) Huancavelica.
C) Lima y Callao.
D) Arequipa.
E) Cusco.

Resolución

En el Perú la tuberculosis es diagnosticada anualmente a más de 30 000 peruanos, de los cuales el 60% se ubican en Lima y Callao. A nivel mundial, los casos de tuberculosis pasan los 8 millones y se estiman que casi 620 millones de personas tienen la enfermedad latente; es decir, están infectadas por la bacteria pero aún no han enfermado ni pueden transmitir la infección.

Clave C

Pregunta 24

La fiebre tifoidea es una enfermedad bacteriana que se transmite por vía

A) cutánea.
B) sanguínea.
C) sexual.
D) oral.
E) respiratoria.

Resolución

La fiebre tifoidea se transmite por vía oral o digestiva, a través de los alimentos contaminados (por los portadores o enfermos) durante su preparación. Pero también a través de vectores mecánicos como las moscas que propagan la bacteria desde las heces a los alimentos.

Clave D

UNMSM Editores

Preguntas propuestas

1. Con la ayuda del microscopio óptico ..... pudo observar por primera vez bacterias.

A) Hooke
B) Koch
C) Leeuwenhoek
D) Pasteur
E) Schwann

2. En 1929 se descubrió la penicilina, esto se logró gracias al aporte de

A) Koch.
B) Lister.
C) Pasteur.
D) Fleming.
E) Spallanzani.

3. Gracias a las bacterias de la flora vaginal se mantiene un pH ácido en la vagina, mediante la producción de ..... a partir de ..... .

A) lactato - proteínas
B) lactato - lípidos
C) ácido láctico - aminoácidos
D) ácido láctico - bicarbonato
E) ácido láctico - glucógeno

4. En torno a la flora microbiana normal de nuestro organismo, señale la verdad (V) o falsedad (F) de los siguientes enunciados.
   - La flora residente proviene del medio ambiente.
   - El estómago contiene abundante flora.
   - Casi toda la flora colónica son anaerobios.
   - Al nacer, el intestino carece de bacterias.

A) FVFV B) VVFF C) VFVF
D) FFVF E) FFVV

5. La toxina del *Vibrio cholerae* afecta a la mucosa intestinal, generando

A) aumento de la absorción de cloro.
B) disminución de la absorción de Na^+.
C) inhibición a la adenilatociclasa.
D) secreción lenta de electrólitos hacia la luz intestinal.
E) disminución de la concentración de AMPc.

6. De las siguientes bacterias, ¿cuál de ellas posee endotoxinas?

A) *Pseudomona aeruginosa*
B) *Vibrio cholerae*
C) *Escherichia coli*
D) *Staphylococcus aureus*
E) *Corynebacterium diphtheriae*

7. Evento relacionado a la resistencia de las bacterias a los antibióticos.

A) transducción
B) transformación
C) mitosis
D) acción del fago
E) conjugación

8. Enfermedad bacteriana cuya transmisión es por vía digestiva.

A) cólera
B) difteria
C) tuberculosis
D) tétanos
E) fiebre de La Oroya

Lumbreras Editores

9. ¿Cuál de las siguientes enfermedades bacterianas posee el periodo de incubación más largo?

A) difteria B) tos convulsiva
C) tétanos
D) cólera E) tuberculosis

10. Identifique la enfermedad bacteriana cuya prevención no se realiza a través de la vacunación.

A) tétanos
B) difteria
C) tos convulsiva
D) cólera
E) fiebre amarilla

11. No corresponde a la difteria.

A) agente causal: bacteria grampositiva
B) periodo de incubación: 2 - 5 días
C) cuadro clínico: diarrea acuosa
D) modo de transmisión: vías respiratorias
E) prevención: vacunación

12. La vacuna DPT permite adquirir inmunización contra

A) difteria, parotiditis y tuberculosis.
B) difteria, parotiditis y tétanos.
C) dengue, paperas y tuberculosis.
D) dengue, tos convulsiva y tétanos.
E) difteria, tos convulsiva y tétanos.

13. Enfermedad que se caracteriza por rigidez muscular progresiva y espasmos convulsivos de los músculos esqueléticos.

A) rabia B) fiebre tifoidea
C) sífilis
D) bartonelosis E) tétanos

14. No corresponde al tétanos.

A) generalmente es mortal
B) el agente causal es un bacilo gram positivo
C) se transmite a través de una herida
D) su periodo de incubación es de 1-2 días
E) el tétanos generalizado se caracteriza por trismo

15. Enfermedad de tipo bacteriana que se transmite por la ingesta de agua y alimentos contaminados.

A) sífilis
B) coqueluche
C) gonorrea
D) fiebre de La Oroya
E) cólera

16. No corresponde al cólera.

A) su tiempo de incubación es de 2-3 días
B) diarrea acuosa con mucho dolor
C) enfermedad bacteriana aguda
D) no existe una vacuna eficaz
E) la toxina provoca la diarrea

17. De las siguientes aseveraciones, ¿cuál de ellas no corresponde a la brucelosis?

A) es una infección zoonótica
B) se caracteriza por fiebre ondulante
C) se previene con la pasteurización de productos lácteos
D) su periodo de incubación es solo de unas horas
E) es transmitida por animales domésticos y salvajes

Lumbreras Editores

18. La sífilis es una infección de transmisión sexual que es producida por la bacteria

A) *Neisseria gonorroheae.*
B) *Vibrio cholerae.*
C) *Treponema pallidum.*
D) *Chlamydia trachomatis.*
E) *Bordetella pertussis.*

19. Con respecto a la sífilis, señale la verdad (V) o falsedad (F) de los siguientes enunciados.
- El agente causal tiene forma de espiral.
- Se adquiere por contacto sexual directo.
- El chancro duro es característico de la sífilis terciaria.
- La sífilis secundaria es asintomática.

A) VVFF B) VVVF C) VVVV
D) VFVF E) VFFF

20. El agente causal que ocasiona la verruga peruana es

A) *Treponema pallidum.*
B) *Neisseria gonorroheae.*
C) *Bartonella bacilliformis.*
D) *Brucella abortus.*
E) *Leishmania peruviana.*

21. En torno a la bartonelosis, señale la verdad (V) o falsedad (F) de las siguientes aseveraciones.
- Vector biológico: la titira
- Periodo de incubación: menos de siete días
- Único reservorio conocido: ser humano
- Fase aguda : verruga peruana

A) VFVF B) VVFF C) VFVV
D) FVFV E) VVVF

22. La tuberculosis es una enfermedad infecciosa de mucha incidencia en nuestro medio, cuyo agente patógeno afecta principalmente

A) el estómago.
B) el hígado.
C) los pulmones.
D) el corazón.
E) los riñones.

23. ¿Cómo se denomina la vacuna de la tuberculosis que se emplea para inmunizar a los recién nacidos?

A) DPT
B) BCG
C) tuberculina
D) APO
E) AMA

24. Una de las complicaciones más frecuentes de la fiebre tifoidea

A) es la hemorragia intestinal.
B) son las diarreas.
C) son las convulsiones.
D) es la deshidratación.
E) es la anemia.

Lumbreras Editores
twitter.com/calapenshko

Julio César Méndez Nina

Capítulo XXIX

Enfermedades micóticas

Objetivos

- Identificar y clasificar las principales micosis que afectan a los seres humanos.
- Conocer a los principales agentes patógenos que causan las micosis.
- Identificar los mecanismos de infección de las principales micosis.
- Conocer la epidemiología, las manifestaciones clínicas y los mecanismos de prevención de las principales micosis en humanos.

Introducción

El presente capítulo tiene como propósito proporcionar la información necesaria para entender el comportamiento de los hongos patógenos y su relación con el ser humano.

Para lograr este objetivo se hace un análisis de las principales micosis que afectan al hombre, realizando una clasificación en función de las estructuras que son invadidas por los hongos, agrupándolos en micosis superficiales, cutáneas, sistémicas y oportunistas.

Cuando se desarrolla cada micosis se analizan los principales agentes infecciosos que participan en esta, observando sus aspectos epidemiológicos, importante para comprender los mecanismos de infección, las zonas de mayor prevalencia y el grupo etario afectado. También se describen las principales manifestaciones clínicas de las micosis, aspecto necesario para identificarlo y diferenciarlo de otros procesos infecciosos; sus principales formas de transmisión necesarias para intervenir con la prevención.

El diagnóstico clínico de cada micosis también es tratado en este capítulo incidiendo en el diagnóstico tradicional por laboratorio clínico, que en nuestro medio es el más usado; de allí la necesidad de realizar una lectura sobre la nueva posibilidad que nos da el avance de la biología molecular en un diagnóstico mucho más rápido, con mayor precisión y exactitud que el diagnóstico tradicional.

El desarrollo de cada micosis incluye sus principales mecanismos de prevención y su tratamiento farmacológico, el cual ha sido tomado de textos de farmacología y que no debe ser usado como receta frente a una micosis.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

A la fecha han sido descritas alrededor de 80 000 especies de hongos, pero menos de 400 especies tienen importancia médica y menos de 50 especies causan el 90% de las infecciones micóticas en humanos y otros seres vivos. Los hongos causan enfermedades en hospedadores inmunodeprimidos, aunque existe un pequeño grupo de hongos que son patógenos primarios y cuyo proceso infeccioso depende de varios factores que pueden coadyuvar al inicio de una micosis, entre estos factores podemos mencionar: la mal nutrición, las quemaduras, la edad, las inmunodeficiencias, las infecciones virales, etcétera.

1. Clasificación

Las micosis suelen clasificarse en función de las estructuras que son colonizadas o invadidas por los hongos.

1.1. Micosis superficiales

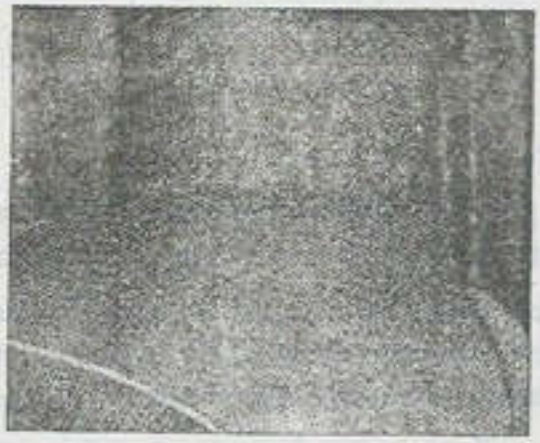
Los hongos causantes de las micosis superficiales son aquellos que colonizan las capas más externas queratinizadas de la piel, el cabello y las uñas.

1.1.1. Pitiriasis versicolor

Es una micosis superficial cuyo agente etiológico más frecuente es la *Malassezia furfur*.

La infección de esta micosis se debe a la transferencia de material queratinoso infectado de una persona a otra, por lo tanto, el principal mecanismo de prevención es evitar el contacto físico con personas afectadas y con fómites contaminadas.

Entre sus principales manifestaciones clínicas tenemos pequeñas lesiones hiper o hipopigmentadas, que aparecen con mayor frecuencia en el pecho, espalda, brazos o abdomen.



Lesiones hipopigmentadas en la región del cuello presentadas en la infección por pitiriasis versicolor.

1.2. Micosis cutáneas

Son las micosis que afectan a las capas más profundas de la epidermis y sus anejos (cabello y uñas). Engloban un conjunto de infecciones denominadas dermatomicosis. Los principales hongos implicados en las dermatomicosis son los llamados dermatofitos y su proceso infeccioso recibe el nombre de dermatofitosis o tiñas. Su colonización selectiva se debe a que utilizan la queratina como fuente de nutrición, gracias a la capacidad que tienen de producir la enzima queratinasa que degrada la proteína queratina presente en la piel, pelo y uñas. Estas infecciones son preocupantes en pacientes diabéticos. La dermatofitosis es más grave en personas inmunodeprimidas.

1.2.1. Epidemiología de la dermatofitosis

Es la micosis cutánea de mayor prevalencia en el mundo, en especial en las regiones tropicales y subtropicales; la distribución geográfica y su virulencia en el ser humano difieren de cada especie de hongo dermatofito. La infección se adquiere por transferencia de hifas o material queratinoso

que contenga estos hongos de un individuo infectado a otro sano susceptible. La infección puede contraerse por contacto directo o de forma indirecta a través de fómites. La infección del cuero cabelludo es más prevalente en niños prepuberales y la infección de la zona inguinal y la del pie afectan principalmente a hombres adultos.

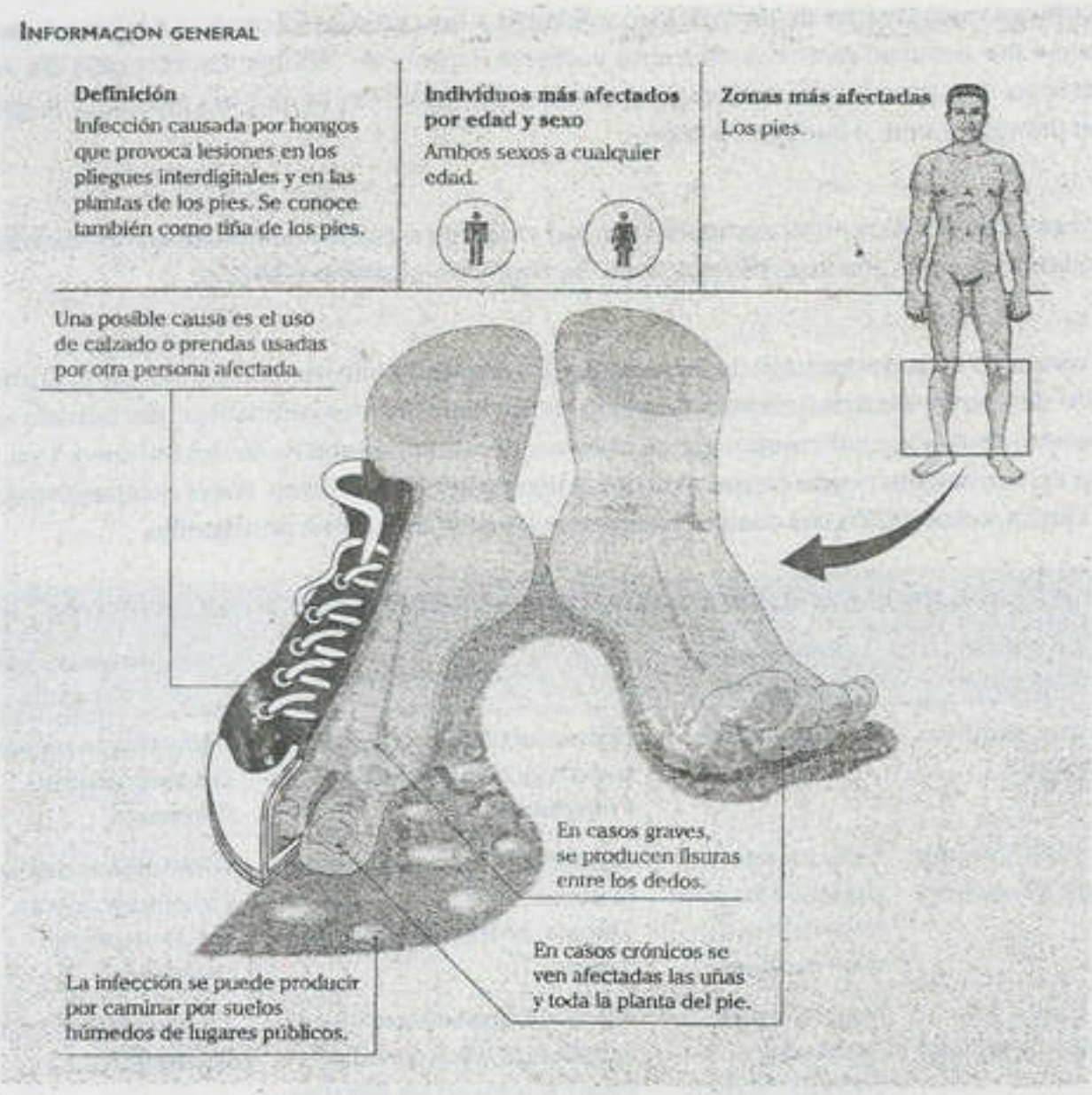
Los hongos dermatofitos están agrupados en casi cuarenta especies de hongos interrelacionados que pertenecen a tres géneros: *Microsporum, Trichophyton* y *Epidermophyton*.

Son el resultado de la destrucción de la queratina y la respuesta inflamatoria del huésped. El amplio espectro de manifestaciones clínicas depende de las especies contaminantes, del tamaño de la inoculación, de la zona del cuerpo que se infecta y del estado inmunitario del huésped. Una sola especie de dermatofito puede causar más de un tipo de infección clínica. Por el contrario, una sola forma clínica, como la tiña del cuerpo, puede ser causa de más de un dermatofito.

ALGUNAS MANIFESTACIONES CLÍNICAS DE LA INFECCIÓN POR DERMATOFITOS

Enfermedad de la piel	Localización de lesiones	Aspecto clínico	Hongos causantes más frecuentes
Tinea corporis (tiña del cuerpo)	Piel lisa lampiña	Placas circulares con bordes vesiculados, eritematosos. Pruriginosa.	*Trichophyton rubrum, Epidermophyton floccosum*
Tinea pedis (tiña del pie o pie de atleta)	Espacios interdigitales de los pies en personas que usan zapatos.	Aguda: prurito, vesículas eritematosas. Crónica: prurito, descamación, fisuras	*Trichophyton rubrum, T. mentagrophytes, Epidermophyton floccosum*
Tinea capitis (tiña del cuero cabelludo)	Pelo de la piel cabelluda. Endotrix: hongos dentro del cabello. Ectotrix: hongos en la superficie del cabello.	Placas de alopecia areata con cabellos de tallos cortos o cabellos rotos en los folículos pilosos.	*T. mentagrophytes, M. canis*
Tinea barbae (tiña de la barba o bigote)	Vello de la barba	Lesión eritematosa, edematosa.	*T. mentagrophytes*
Tinea unguium (tiña de la uña conocida también como la onicomicosis)	Uña	Uñas distalmente engrosadas o quebradizas; alteraciones de color, deslustradas. Habitualmente asociadas a *Tinea pedis*.	*T. rubrum, T. mentagrophytes, E. floccosum*
Tinea cruris (tiña de la ingle o comezón de jinete)	Ingle	Lesión eritematosa descamativa en áreas intertriginosas. Pruriginosa.	

Lumbreras Editores



Información general sobre la onicomicosis (*Tinea unguium*).

2.4. Prevención

Para poder intervenir con mecanismos de prevención es necesario identificar los principales mecanismos de transmisión, en el caso de las dermatomicosis se da por contacto con esporas que se forman en las hifas de la fase parasitaria; la transmisión entre personas, en general, ocurre por contacto directo con un huésped sintomático o asintomático, o por contacto directo o aéreo con sus pelos o las escamas de la piel. Los fómites como los cepillos y las máquinas de cortar pelo pueden jugar un papel importante en la transmisión.

1.3. MICOSIS SUBCUTÁNEAS

Son infecciones del tejido subcutáneo asociado a dermis y epidermis, causados por un gran número de patógenos fúngicos.

- El hongo responsable de esta micosis es el *Sporothrix schenki*.
- Su infección se asocia a la inoculación traumática de tierra, vegetales o materia orgánica contaminada por el hongo. Su frecuencia es mayor en los climas templados y hay zonas endémicas como México, Brasil, Perú y Colombia.
- Entre sus manifestaciones clínicas tenemos la aparición de lesiones nodulares y ulceradas a lo largo de los vasos linfáticos.
- Para su prevención es necesario reducir al mínimo la inoculación accidental.

b. Cromoblastomicosis (cromomicosis)

- Entre los agentes infecciosos causantes de esta micosis tenemos: *Cladophialophora carrioii*, *Fonsecaea compacta*, *F. pedrosai*, *Phialophora verrugosa*.
- Es más prevalente en los trópicos y la costumbre de no usar calzado ni ropa protectora predisponen a la inoculación directa de la tierra o materia orgánica infectada.
- Entre sus manifestaciones clínicas resaltan las lesiones de evolución crónica y pueden presentar las siguientes formas clínicas: plana, costrosa o vegetante verrucosa.
- Para su prevención se recomienda el uso de zapatos en las zonas de mayor prevalencia y lavar de manera adecuada las heridas.

c. Micetoma eumicótico

- Entre los agentes infecciosos responsables de esta micosis tenemos a los hongos pertenecientes a los géneros: *Acremonium*, *Fusarium* y *Madurrella*, y las especias *Aspergillus nidulans* y *Exophiala jeanselmei*.
- Estos hongos se encuentran en el suelo y en la vegetación, su frecuencia es en personas que no usan zapatos; son prevalentes en India, África y Latinoamérica.
- Clínicamente se caracteriza por un cuadro localizado en el tejido subcutáneo, que se inicia con nódulos persistentes los cuales terminan dañando la piel.
- La prevención es similar a las medidas adoptadas contra la cromoblastomicosis.

d. Cigomicosis subcutánea

- Entre los agentes infecciosos responsables de esta micosis tenemos a los hongos *Basidiobolus ranarum* y *Conidiobolus coronatus*.
- Su infección es esporádica como consecuencia de una inoculación traumática del hongo presente en residuos vegetales en climas tropicales. Son más prevalentes en África y en menor medida en la India. Ambos hongos son saprofitos que subsisten en hojas y residuos vegetales.

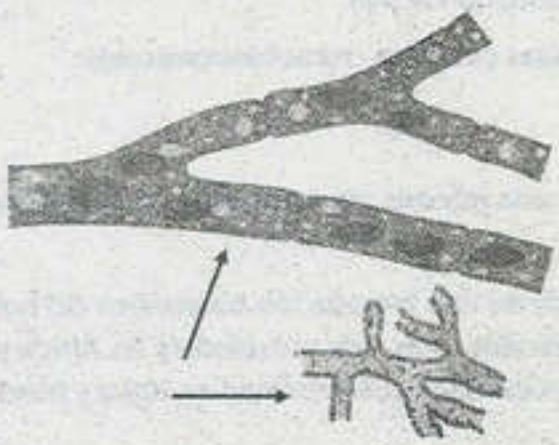
Lumbreras Editores

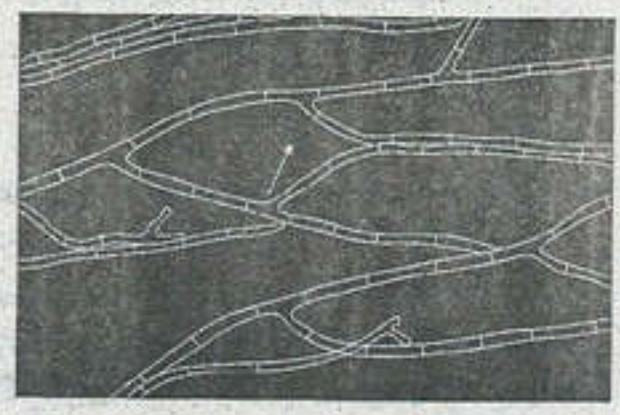
- Las manifestaciones clínicas varían según el agente infeccioso. En pacientes infectados por *B. ranarum* presentan masas móviles gomosas discoides que pueden alcanzar unas dimensiones considerables y se localizan en el hombro, la pelvis, la cadera y los muslos. La infección por *C. coronatus* se restringe al área rinofacial.
- Para su prevención se adoptan medidas similares a las infecciones por cromoblastomicosis y micetoma eumicótico.

- Entre los agentes infecciosos responsables de esta micosis tenemos a los hongos pertenecientes a las especies *Exophiala jeanselmei* y *Wangiella dermatiditis*, y a los géneros *Bipolaris* y *Alternaria*.
- Estos hongos se desarrollan en el suelo y su infección se debe a la inoculación traumática del patógeno.
- Su manifestación clínica comienza con un quiste inflamatorio solitario. Por lo general, las lesiones aparecen en los pies y las piernas, además de otras regiones corporales.
- El principal tratamiento es la escisión quirúrgica.
- La medida preventiva es similar a las micosis anteriores, se recomienda el uso de zapatos en las zonas de mayor prevalencia y lavar de manera adecuada las heridas.

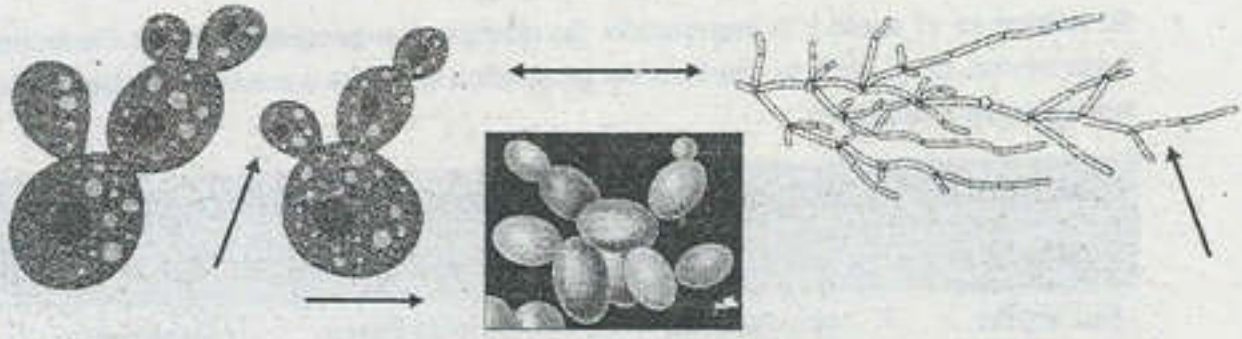
Los patógenos micóticos dimórficos son microorganismos que se desarrollan en forma filamentosa o micelial (fase sapróbica) en la naturaleza o en el laboratorio a una temperatura comprendida entre 25 °C y 30 °C, y una forma de levadura o esférula (fase parasitaria) en tejido o cuando crecen en un medio enriquecido en el laboratorio a 37 °C. Los hongos que conforman este grupo se consideran como patógenos primarios sistémicos debido a su capacidad de producir infección en huéspedes tanto normales como inmunodeprimidos y su tendencia a afectar las vísceras profundas tras la diseminación del hongo. Estos microorganismos también se definen como endémicos porque se restringen a regiones geográficas específicas.

HONGOS MULTINUCLEADOS (FILAMENTOSOS)





HONGOS UNICELULARES (LEVADURIFORMES)



Los hongos dimórficos se desarrollan en la naturaleza entre los 25 °C y 30 °C de forma filamentosa y a 37 °C en el cuerpo, en forma de levadura o esférula.

Son cuatro las micosis dimórficas endémicas principales y todas ellas se adquieren por inhalación de las esporas que el hongo, en su fase micelial (forma infectante), elimina en su hábitat natural: el suelo.

- El patógeno responsable de esta micosis es el *Coccidioides immitis*.
- Su hábitat es el suelo del desierto. Lo encontramos en las regiones semiáridas del suroeste de EE. UU., México, Centroamérica y Sudamérica.
- La enfermedad no se transmite de persona a persona; por lo tanto, para lograr una adecuada prevención se puede reducir el polvo, pavimentar las carreteras y campos aéreos, plantar pasto o cultivos agrícolas y utilizar aerosoles oleosos.

- El patógeno responsable de esta micosis es el *Histoplasma capsulatum*.
- Se encuentra en los hábitats de murciélagos y aves (guano); su distribución geográfica es global y endémica en los valles de los ríos Ohio, Missouri, Mississippi y África central.
- La histoplasmosis no se transmite de una persona a otra; por lo tanto, se debe controlar los lugares donde hay depósitos de guano de aves y murciélagos limpiándolos con aerosol de formaldehído.

- El patógeno responsable de esta micosis es el *Blastomyces dermatitidis*.
- Está presente en los suelos y residuos orgánicos; es endémica a lo largo de los valles de los ríos Mississippi, Ohio, San Lorenzo, así como en el sureste de EE. UU.
- No se transmite de una persona a otra, su prevención se da principalmente en granjeros.

d. Paracoccidioidomicosis

- El patógeno responsable de esta micosis es el *Paracoccidioides brasiliensis*.
- Su hábitat es el suelo y la vegetación. Su distribución geográfica es en Centroamérica y Sudamérica. En el Perú, la distribución geográfica se limita a zonas tropicales de la ceja de selva y selva amazónica.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PARACOCCIDIOIDOMICOSIS EN EL PERÚ

Departamento	Lugar de contagio	Departamento	Lugar de contagio
San Martín	Moyobamba Tarapoto Lamas	Cerro de Pasco	Oxapampa
Amazonas	Chachapoyas	Junín	La Merced Chanchamayo San Ramón Satipo
Iquitos	Iquitos Maynas Requena Coronel Portillo	Ayacucho	Huanta Anco San Miguel
Ucayali	Pucallpa Contamaná	Cusco	Quillabamba Marcapata
Piura	Huancabamba	Madre de Dios	Puerto Maldonado Tahuamanu Madre de Dios
Cajamarca	Jaén	Puno	Sandia
Huánuco	Tingo María Huánuco Monzón		

1.5.2. Manifestaciones clínicas

Una vez inhaladas las conidias que el hongo elimina en su hábitat, inducen cuadros clínicos diversos, según el estado inmunológico del huésped, que oscila entre cuadros asintomáticos inespecíficos a procesos pulmonares granulomatosos y, en huéspedes inmunocomprometidos, se manifiestan de forma generalizada.

1.5. MICOSIS SISTÉMICAS OPORTUNISTAS

Estas afectan a pacientes que padecen enfermedades graves como el sida (síndrome de inmunodeficiencia adquirida) o que presentan neutropenia (disminución en el número de neutrófilos) asociada con una enfermedad maligna (cáncer), o que son sometidos a trasplante de órganos o cirugía extensa.

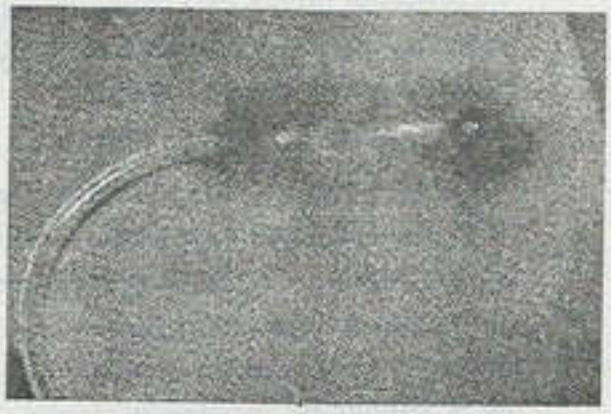
Las micosis oportunistas más importantes observadas en los seres humanos son la candidiasis sistémica o profunda, la aspergilosis diseminada, la criptococosis y la cigomicosis sistémica.

- Los agentes infecciosos de esta micosis pertenecen al género *Candida*, sus fases sapróbica y parasitaria son idénticas.
- El hábitat natural de este género es la mucosa gastrointestinal, la mucosa vaginal, la piel y las uñas.
- Las especies incluidas en este género constituyen la cuarta causa más frecuente de infecciones adquiridas en los hospitales (infecciones nosocomiales). Entre las distintas especies de *Candida* con capacidad de infectar al ser humano, la *Candida albicans* es la predominante.
- Debido a su hábitat natural una forma importante de contagio es la translocación gastrointestinal de catéteres intravasculares, generando una proliferación del hongo hacia la mucosa con ulterior invasión; otra forma de infección es debido a la transferencia desde las manos de profesionales de la salud al gancho del catéter; colonización del catéter y diseminación hematógena.
- Como mecanismos de prevención tenemos: evitar antimicrobianos de amplio espectro, manipular cuidadosamente los catéteres y cumplir de forma rigurosa con las directrices de control de infecciones cuando los pacientes se encuentran hospitalizados.
- Entre las infecciones más frecuentes de esta micosis tenemos: la candidiasis mucocutánea, candidiasis oral/vaginal, candidiasis hepatoesplénica y la endoftalmitis.

- Los agentes infecciosos de esta micosis pertenecen al género *Aspergillus*, su fase sapróbica presenta un micelio tabicado con cabezas conidiales y conidias, mientras que su fase parasitaria presenta micelio tabicado, conidias y cabezas conidiales observadas generalmente en las lesiones cavitarias.
- Su hábitat es el suelo, las plantas, el agua, el aire y la pimienta.
- Son frecuentes en todo el mundo, en el entorno hospitalario, se encuentran en el aire, los depósitos de agua y las plantas en macetas. De todas las especies de *Aspergillus* las de mayor prevalencia en las infecciones son *A. fumigatus*, *A. flavus*, *A. niger* y *A. terreus*.
- Su mecanismo de infección se da por inhalación de conidias y transferencia a heridas a través de cintas o vendajes contaminados. Las conidias inhaladas se unen al fibrinógeno y laminina en el alveolo; las conidias germinan y las formas miceliales secretan proteasas e invaden el epitelio; la invasión vascular produce trombosis e isquemia tisular y diseminación hematógena.
- Para su prevención es importante que los pacientes de alto riesgo se alojen en instalaciones dotadas de un sistema de filtrado de aire, con el fin de minimizar la exposición a las conidias.
- Entre las afecciones que produce esta micosis tenemos: la aspergilosis broncopulmonar, la sinusitis, el aspergiloma (es una masa que crece en los pulmones), y la aspergilosis invasiva afectando órganos como el pulmón, corazón, cerebro, etcétera.

- Los agentes infecciosos de esta micosis pertenecen a la clase zigomicetos, su micelio forma hifas y aparecen en el medioambiente como hongos filamentosos.
- Su hábitat es el suelo y la vegetación.
- Es posible que la incidencia aumente en países de primer mundo dado que la sobrevida de diabéticos e inmunosuprimidos es mayor, el *Rhizopus arrhizus* es la causa más frecuente de cigomicosis en el ser humano.
- La infección usualmente se desarrolla después de la inhalación de esporangióforos. La mayoría de las esporas de los zigomicetos son suficientemente pequeñas para evitar las defensas de las vías respiratorias superiores, con lo cual pueden llegar a los alveolos. Se ha demostrado, adicionalmente, que la lesión inducida por estos hongos puede ser mediante la secreción de toxinas o proteasas.
- Al igual que los mecanismos para prevenir la aspergilosis es importante que los pacientes de alto riesgo se alojen en instalaciones dotadas de un sistema de filtrado de aire.
- Entre las infecciones más frecuentes causadas por esta micosis tenemos: cigomicosis rinocerebral, meningitis, cigomicosis pulmonar y cigomicosis cutánea.

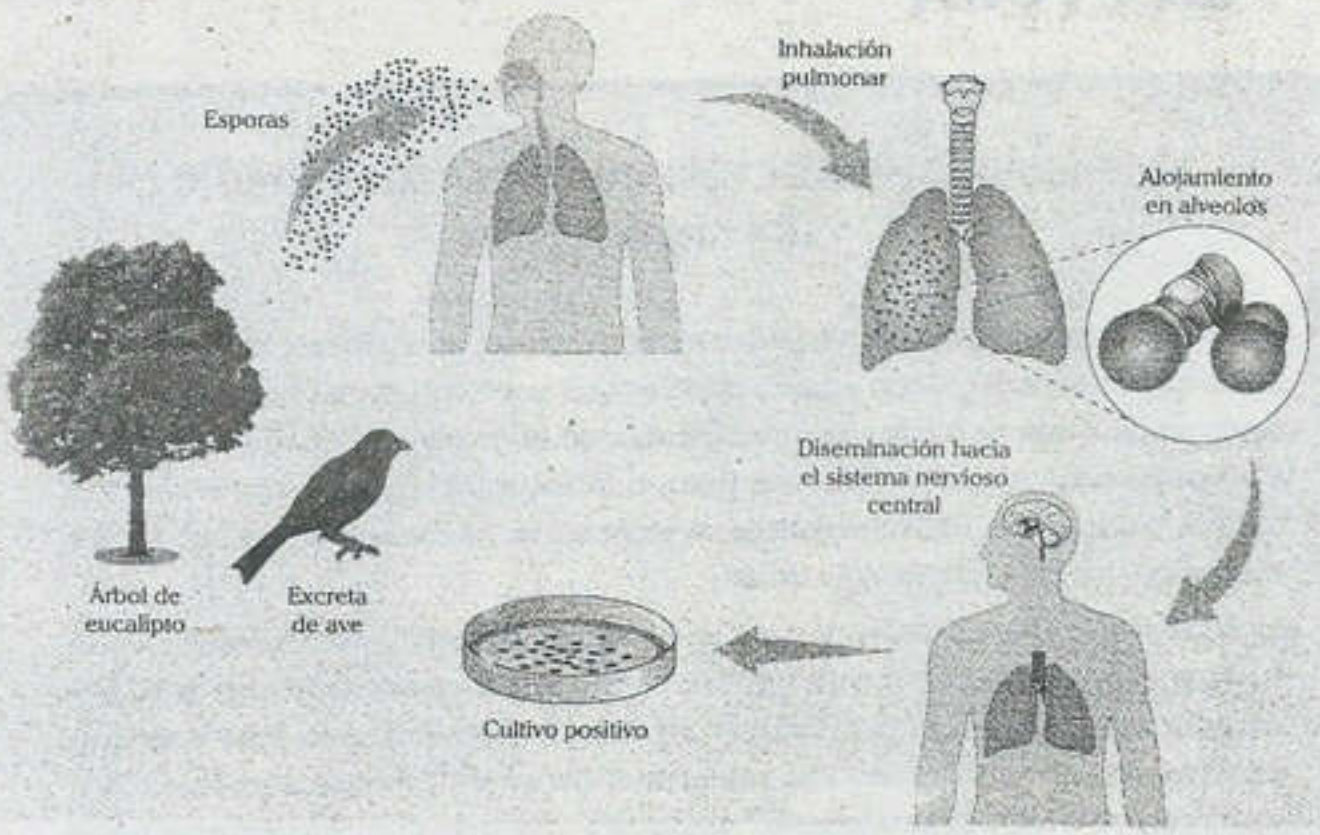
- El agente infeccioso responsable de la mayoría de infecciones micóticas es el *Cryptococcus neoformans*, sus fases saprobiea y parasitaria son idénticas; presentando levaduras de gemación dotadas de una cápsula.
- Su hábitat es el suelo rico en guano de ave (paloma).
- Constituye la causa más frecuente de meningitis micótica y tiende a afectar a pacientes con inmunidad deficiente. El *C. neoformans* es un destacado patógeno oportunista en personas aquejadas con sida.
- Su infección se da por inhalación de la levadura transportada por el aire y por la inoculación percutánea. Las levaduras inhaladas son ingeridas por los macrófagos y sobreviven en el ambiente intracelular.



Candidiasis presente en un paciente con catéter.

- Para su prevención es importante realizar un seguimiento clínico y micológico de pacientes potenciales de enfermarse por esta micosis.
- La afección más importante que genera esta micosis es la meningitis, aunque también puede causar neumonía.

Lumbreras Editores



La infección con *C. neoformans* resulta de la exposición del medioambiente, y una ruta de infección pulmonar. El organismo se inhala en los alveolos de los pulmones. Una vez inhaladas, las esporas pueden crecer en los pulmones y causar enfermedades respiratorias, pero la criptococosis es la más reconocida después de su difusión entre el sistema nervioso central.

29.6.2 Diagnóstico y tratamiento

Las micosis oportunistas suponen un reto diagnóstico, debido a la complejidad de la población que conforman los pacientes de riesgo y el abanico cada vez más amplio de hongos capaces de infectar a las personas. El diagnóstico y el tratamiento satisfactorio de las infecciones micóticas oportunistas en pacientes inmunodeprimidos depende, en gran medida, de la aplicación de un abordaje multidisciplinar del sector salud.

Referencias bibliográficas

- LARRONDO MUGUERCIA, Rubén José; GONZÁLEZ ANGULO, Aymée Rosa y Luis Manuel HERNÁNDEZ GARCÍA. "Micosis superficiales. Dermatofitosis". En *Revista Cubana Medicina General Integral 2001*; 17(6):559-64.
- BROOKS, Geo; CARROL, Karen; BUTEL, Janet; MORSE, Stephen y Timothy MIETZNER. *Microbiología médica de Jawetz, Melnick y Adelberg*. 19 edicion. México: Editorial El Manual Moderno, 2005.
- MURRAY, Patrick; ROSENTHAL, Ken y Michael PFALLER. *Microbiología médica*. Quinta edición, Madrid: Elsevier, 2006.

Lectura

La micología molecular en la práctica médica del siglo XXI

Las preguntas que un médico se hace frente a una micosis son las siguientes: ¿qué hongo está infectando a mi paciente? ¿Cómo le fue transmitido? ¿Cuál será el tratamiento más efectivo? ¿Cuán rápido puedo obtener respuesta para un tratamiento oportuno y temprano?, las respuestas a estas interrogantes está en que tan rápido es el diagnóstico del laboratorio y con qué precisión y exactitud confirma su diagnóstico. Tradicionalmente el diagnóstico de las infecciones micóticas se basa en la investigación por parte del laboratorio clínico.

La problemática surge cuando hay que dar un resultado con prontitud y con los estándares de precisión y exactitud; es aquí donde a raíz de los avances de la ciencia, las técnicas de biología molecular están alcanzando un papel importante y clave en la identificación fúngica y diagnóstico micológico debido a su alta especificidad y sensibilidad. Estos nuevos procedimientos se insertarán poco a poco en la rutina de los laboratorios clínicos para complementar la información proveniente de métodos más convencionales y, sobre todo, para ayudar en el diagnóstico de casos dudosos. El diseño de sondas moleculares específicas, unidas a la técnica de la reacción en cadena de polimerasa (PCR) tiene la especificidad y sensibilidad necesaria para identificar especies fúngicas en un mínimo de tiempo.

En la actualidad, los métodos moleculares de diagnóstico se presentan como una gran alternativa para la detección temprana de una gran cantidad de infecciones virales, bacterianas, parasitarias y ahora también en las fúngicas. Es casi un hecho que estos métodos se van a abrir campo en nuestra sociedad y los clínicos deben de tener la capacidad de poder usarlos, ya en la práctica médica particular como son clínicas y centros de investigación se usan estos métodos, lo que habría que evaluar es si se pueden masificar para todo el sector público, que como sabemos tiene fuertes problemas presupuestales que limitan implementar en todos los hospitales de nuestro país un laboratorio de biología molecular; por lo tanto, es necesario evaluar conscientemente los costos y beneficios de tener una detección precoz de una enfermedad y que la implementación de un laboratorio molecular, más que un gasto, es una inversión en un país que apuesta por la salud preventiva de sus ciudadanos.

Adaptado de SAN-BLAS, Gioconda. "La micología molecular en la práctica médica del siglo XXI". En *Dermatología venezolana*. Vol. 42, N.° 1, 2004.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

De la siguiente lista de enfermedades infecciosas indique cuál es una micosis.

A) bartonelosis
B) taeniasis
C) candidiasis
D) giardiasis
E) dengue

Resolución

Los agentes infecciosos son organismos biológicos capaces de producir una infección o enfermedad en el ser humano y en los animales. Estos agentes pueden ser bacterias, protozoarios, virus, hongos, etc. En el caso de los hongos su infección recibe el nombre de micosis.

Agente infeccioso	Tipo	Enfermedad
Taenia solium	Platelminto	Taeniasis
Giardia lamblia	Protozoario	Giardiasis
Bartonella bacilliformis	Bacteria	Bartonelosis
Virus del dengue	Virus	Dengue
Candida sp.	Hongo	Candidiasis

Rpta.: C

Pregunta 2

Es el principal agente etiológico de la pitiriasis versicolor.

A) *Candida albicans*
B) *Malassezia furfur*
C) *Trichophyton tonsurans*
D) *Epidermophyton floccosum*
E) *Trichophyton mentagrophytes*

Resolución

La pitiriasis versicolor es una enfermedad micótica superficial que afecta principalmente a la zona alta del pecho y la espalda. Esta micosis es causada por levaduras del género *Malassezia*, y dentro de este género las especies más frecuentes son la *Malassezia globosa*, la *Malassezia sympodialisis* y la *Malassezia furfur*.

Rpta.: B

Pregunta 3

Las personas con inmunodeficiencia son susceptibles a infecciones micóticas, estas micosis reciben el nombre de

A) cutáneas.
B) superficiales.
C) sistémicas.
D) subcutáneas.
E) oportunistas.

Resolución

Las micosis oportunistas involucran especies de hongos que forman parte de la microflora ambiental o son comensales de la piel y mucosa, y quienes habitualmente son eliminadas por el sistema inmune. Cuando hay deficiencia de la respuesta inmune, alteraciones de la flora bacteriana por suministro de antibióticos o la existencia de enfermedades, como por ejemplo la diabetes, el sida, o un tipo de cáncer, pueden causar una infección diseminada fatal para el paciente.

Rpta.: E

Lumbreras Editores

Pregunta 4

La principal acción patógena de los dermatofitos se debe a que

A) degradan ácidos grasos de la piel.
B) producen reacciones alérgicas a distancia.
C) asimilan el ácido nicotínico del pelo.
D) degradan la queratina.
E) crecen a pH alcalino.

Resolución

Las lesiones por dermatofitos se han considerado como unas de las patologías más frecuentes de la piel; las manifestaciones clínicas por este grupo de hongos se asocian con: la capacidad que tienen de utilizar la queratina como fuente de nitrógeno.

La degradación de la queratina es un proceso enzimático.

Los hongos queratinolíticos más activos son los dermatofitos, pertenecientes a los géneros *Epidermophyton, Microsporum* y *Trichophyton*.

Clave D

Pregunta 5

La onicomicosis es causada principalmente por

A) *Trichophyton tonsurans*.
B) *Epidermophyton floccosum*.
C) *Trichophyton rubrum*.
D) *Microsporum canis*.
E) *Trichophyton mentagrophytes*.

Resolución

La infección de las uñas causada por hongos u onicomicosis es un proceso muy frecuente, es considerada la micosis superficial de mayor frecuencia y de más difícil diagnóstico y tratamiento.

Dentro de los agentes infecciosos más frecuentes de esta micosis a nivel mundial tenemos el *Trichophyton rubrum*.

Clave C

Pregunta 6

Es una dermatofitosis que se caracteriza por presentar las uñas engrosadas, descoloridas y rotas.

A) tiña crural
B) tiña tonsurante
C) tiña corporal
D) tiña ungueal
E) tiña facial

Resolución

En los humanos, las dermatofitosis se conocen con el nombre de tiña y su nombre hace referencia a la región corporal involucrada. Entre estas tiñas tenemos:

Agente etiológico	Tiña	Ubicación	Signos y síntomas
Dermatofitos antropofílicos y zoofílicos	Tonsurante	Cabello	Alopecia, inflamación zona afectada
	Corporal	Tronco, extremidades, rostro	Lesiones pruriginosas y escamosas con borde eritematoso
	Facial	Rostro	Lesión pruriginosa
	Crural	Ingle	Vesículas y pústulas con ardor y prurito
	Ungueal	Uñas	Uñas descoloridas, rotas y quebradizas

Clave D

Lumbreras Editores

Pregunta 7

¿Cuál de las siguientes especies es un hongo zoofílico?

A) *Epidermophyton floccosum*
B) *Trichophyton mentagraphytes*
C) *Microsporum fulvum*
D) *Trichophyton concentricum*
E) *Microsporum canis*

Resolución

Con base en aspectos epidemiológicos, los dermatofitos se clasifican en antropofílicos, que son aquellos que viven sobre el hombre, entre las principales especies tenemos: *Epidermophyton floccosum*, *Microsporum audouinii*, *Trichophyton concentricum*, *Trichophyton mentagrophytes*. Los zoofílicos son aquellos que viven sobre animales, entre la especie más común tenemos al *Microsporum canis*. Los geofílicos son aquellos que viven sobre la tierra, entre algunas especies tenemos al *Microsporum gypseum* y *Microsporum fulvum*.

Pregunta 8

Sobre la tiña de la cabeza marque la respuesta correcta.

A) Es ocasionada por hongos oportunistas.
B) Afecta con frecuencia a todas las edades.
C) Se presenta principalmente en niños.
D) Solo afecta al sexo masculino.
E) Ocasiona alopecia permanente.

Resolución

La tiña de la cabeza es la infección del tallo del cuero cabelludo causado por hongos dermatofitos pertenecientes a los géneros *Trichophyton* y *Microsporum*. Esta micosis afecta a niños principalmente entre los tres a ocho años de edad, a ambos sexos por igual. Es excepcional en adultos probablemente por la aparición de ácidos grasos no saturados, los cuales tienen poder antifúngico.

Pregunta 9

Micosis oportunista cuya forma clínica bucal es considerada como marcador cutáneo de sida.

A) Aspergilosis
B) Candidiasis
C) Mucormicosis
D) Criptococosis
E) Pitiriasis versicolor

Resolución

Las micosis oportunistas han incrementado su frecuencia e importancia clínica, a causa del aumento del uso de drogas inmunosupresoras y aparición de infecciones virales que causan inmunodeficiencia, como es el virus del VIH. En las personas con sida es la candidiasis de la mucosa bucal una de las enfermedades más frecuentes.

Pregunta 10

Los hongos patógenos dimórficos son aquellos que se diferencian según la temperatura a la que están expuestos. Sobre estos hongos señale verdadero (V) o falso (F) según corresponda.

I. Solo afectan a personas inmunocomprometidas ( )
II. Afectan principalmente los tejidos superficiales del cuerpo ( )

Lumbreras Editores

III. También se les llama patógenos endémicos ( )
IV. Presenta una sola fase levaduriforme ( )
V. Son patógenos dimorficos: *Trichosporon*, *Epidermophyton* y *Microsporum* ( )

A) VVVVV B) FFFFV C) VVVFV
D) VFVFF E) FFVFF

Resolución

Los patógenos micóticos dimórficos son microorganismos que presentan, según una determinada temperatura, dos fases: la micelial o filamentosa y la fase levaduriforme. A los microorganismos se les considera patógenos primarios sistémicos, debido a su capacidad de producir infección en personas normales como inmunocomprometidos (defensas bajas) y su tendencia a afectar órganos profundos.

Entre estos patógenos se encuentran *Blastomyces dermatitidis*, *Coccidioides brasileinsis*, *Histoplasma capsulatum* y *Paracoccidioides brasileinsis*. Estos microorganismos se restringen a ciertas regiones geográficas, de allí el nombre de patógenos endémicos.

Clave B

Pregunta 11

La sintomatología que nos hace sospechar de criptococosis principalmente se localiza en

A) la piel.
B) el sistema nervioso central.
C) el hígado.
D) el aparato digestivo.
E) las glándulas suprarrenales.

Resolución

La criptococosis es una enfermedad micótica oportunista causada por *Cryptococcus neoformans*. La infección ocurre por inhalación de microorganismos presentes en el excremento principalmente de las palomas. Produce una infección pulmonar inicial desde donde se disemina a otros órganos, sobre todo meninges, y sistema nervioso central causando una meningoencefalitis.

Clave B

Pregunta 12

Una persona de 42 años de edad, originaria de Huaral y de profesión criador de palomas, presentó una enfermedad pulmonar aguda. ¿Cuál es el diagnóstico más probable?

A) dermatofitosis
B) candidiasis
C) criptococosis
D) histoplasmosis
E) esporotricosis

Resolución

La histoplasmosis se debe a la infección por el hongo *Histoplasma capsulatum*, este patógeno causa infecciones pulmonares y diseminadas. Su espacio geográfico se limita principalmente en la mitad oriental de EE.UU. y la mayor parte de Latinoamérica.

El hábitat natural de la forma micelial del *Histoplasma capsulatum* es el suelo con un elevado contenido de nitrógeno, como el existente en áreas contaminadas por excrementos de ave o murciélago. Los brotes de histoplasmosis se han asociado a la exposición a criaderos de aves, cuevas de murciélagos, edificios en abandono y proyectos de renovación urbana con actividades de excavación y demolición.

Clave D

Lumbreras Editores

Pregunta 13

Un trabajador de 18 años de edad, VIH negativo, presenta una lesión inflamatoria en la piel con bastante prurito y en los bordes de la lesión eritema y descamación. ¿Cuál es el diagnóstico más probable?

A) dermatofitosis
B) candidiasis
C) blastomicosis
D) coccidioidomicosis
E) paracoccidioidomicosis

Resolución

Se denomina dermatofitosis a la infección de los tejidos queratinizados del cuerpo ocasionado por un grupo de hongos queratinofílicos denominados dermatofitos.

Los dermatofitos crecen solo en tejidos queratinizados como el cabello, las uñas y la capa externa de la piel; el hongo comúnmente detiene su propagación cuando entra en contacto con células vivas.

Los signos clínicos pueden variar, dependiendo de la zona afectada del cuerpo, siendo el prurito el síntoma más frecuente. Las lesiones en la piel, en general, se caracterizan por una inflamación que es más grave en los bordes con eritema, descamación y, ocasionalmente, formación de ampollas.

Clave A

Pregunta 14

Micosis asociada a cuevas, grutas y lugares con excrementos de murciélagos y aves.

A) Paracoccidiodomicosis
B) Esporotricosis
C) Cromoblastomicosis
D) Histoplasmosis
E) Micetoma

Resolución

La histoplasmosis es una micosis sistémica endémica en zonas tropicales, subtropicales y templadas cuyo agente infeccioso es el *Histoplasma capsulatum*. Este hongo se desarrolla en suelos con abundante materia orgánica-excremento de aves y guano de murciélagos en ambientes cerrados, tales como minas, cuevas, cavernas, túneles, criptas de iglesias y casas abandonadas, o en espacios abiertos, entre ellos parques y paseos públicos.

Clave D

Pregunta 15

Las aflatoxinas afectan, principalmente,

A) el intestino.
B) el bazo.
C) los huesos.
D) el hígado.
E) las tiroides.

Resolución

Las aflatoxinas son sustancias tóxicas, resultantes del metabolismo de algunas cepas de *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*. Existen cuatro aflatoxinas importantes: B1, B2, G1 y G2; además los productos metabólicos adicionales: M1 y M2. La manifestación aguda de la enfermedad, la aflatoxicosis, es fundamentalmente una enfermedad hepática.

Clave D

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Sobre las infecciones causadas por hongos marque la respuesta correcta.

A) Todas las especies de hongos son patógenas.
B) Los hongos solo causan infecciones en humanos.
C) Son conocidas como las micosis.
D) Todos los hongos tienen importancia médica.
E) Solo son superficiales.

2. Con respecto a la dermatofitosis marque la respuesta incorrecta.

A) Son las micosis superficiales más frecuentes.
B) Su distribución solo es endémica.
C) Sus hongos implicados producen enzima queratinasa.
D) Se puede transmitir por contacto directo.
E) La humedad del cuerpo es un factor de riesgo.

3. Es una micosis que se puede presentar con mayor frecuencia en pacientes inmunodeprimidos.

A) dermatofitosis
B) pitiriasis versicolor
C) esporotricosis
D) criptococosis
E) cromomicosis

4. Las micosis cutáneas son un grupo de enfermedades producidas por hongos, que afectan

A) los pulmones.
B) la piel y sus anejos.
C) los órganos profundos.
D) la hipodermis.
E) los músculos.

5. Los dermatofitos producen una variedad de enzimas digestivas. La enzima que degrada el estrato córneo de la piel recibe el nombre de

A) ribonucleasa.
B) fosfolipasa.
C) amilasa.
D) elastasa.
E) queratinasa.

6. Sobre las enfermedades causadas por hongos dimórficos, indique la relación correcta.

I. fase filamentosa
II. fase levaduriforme
III. paracoccidioidomicosis
IV. *Histoplasma capsulatum*
V. coccidioidomicosis

a. inhalación de conidios
b. es la forma infectante
c. crecen a 37 °C
d. hifas tabicadas y artroconidias
e. hábitat de murciélagos y aves

A) Ib, IIc, IIIa, IVe, Vd
B) Ic, IIb, IIIa, IVe, Vd
C) Ib, IIc, IIIe, IVa, Vd
D) Ib, IIc, IIIa, IVd, Ve
E) Id, IIe, IIIb, IVc, Va

Lumbreras Editores

7. Juan Carlos, un estudiante de medicina de 23 años, adora a su nuevo cachorro, constantemente besuquea a su mascota, después de unos meses observó que presentaba prurito en la zona del bigote y su labio superior empezaba a hincharse. En el hocico de su cachorro se produjeron unas alteraciones similares. ¿Cuál es el agente infeccioso más probable que está presentando la infección en Juan Carlos y su mascota?

A) *Malassezia furfur*
B) *Exophiala werneckii*
C) *Epidermophyton flocosum*
D) *Microsporum canis*
E) *Trichophyton rubrum*

8. ¿Qué enunciado respecto a la dermatofitosis es correcto?

A) Es causado por un solo género de hongos.
B) Sus agentes infecciosos crecen mejor en ambientes fríos y secos.
C) La infección ocurre por medio de vectores biológicos.
D) Se conocen con el nombre de tiña.
E) No son graves en personas inmunodeprimidas.

9. Sobre la criptococosis, señale el enunciado correcto.

A) Es una micosis superficial.
B) El agente causal pertenece al género *Candida*.
C) El agente causal es hongo dimórfico.
D) Se adquiere por vía cutánea.
E) Afecta a personas inmunocomprometidas.

10. La cigomicosis es una enfermedad esporádica de distribución universal cuyo agente causal más frecuente en el ser humano es

A) *Rhizopus arrhizus*.
B) *Aspergillus fumigatus*.
C) *Cryptococcus neoformans*.
D) *Staphylococcus aureus*.
E) *Pseudomona aeruginosa*.

11. Los agentes etiológicos mejor conocidos de las micosis oportunistas son

A) *Blastomyces dermatitidis, Coccidioides immitis, Histoplasma capsulatum*.
B) *Candida albicans, Cryptococcus neoformans, Aspergillus fumigatus*.
C) *Epidermophyton floccosum, Microsporum canis, Trichophyton mentagrophytes*.
D) *Malassezia furfur, Hortaea werneckii, Trichosporon inkin*.
E) *Sporothrix schenckii, Exophilia jeanselmei, cladophialophora carrionii*.

12. Sobre la epidemiologia de la dermatofitosis, señale el enunciado correcto.

A) Los dermatofitos geofílicos son los patógenos más frecuentes en el ser humano.
B) Presentan distribución universal.
C) Los dermatofitos antropofílicos se transmiten de los animales a las personas.
D) Son más prevalentes en el sexo masculino.
E) Una sola especie de hongo es la causante de la infección.

Lumbreras Editores

13. A una persona de 40 años de edad con sida, se le realizó una punción de la médula espinal y el examen del LCR (líquido cefalorraquídeo) reveló la presencia de células fúngicas de forma elíptica. Indique cuál es el diagnóstico más probable.

A) candidiasis
B) histoplasmosis
C) blastomicosis
D) criptococosis
E) feohifomicosis

14. Minero que ingresa al hospital por presentar signos y síntomas de neumonía, fiebre irregular, síndrome diarreico leve y hepatoesplenomegalia. Se sospecha de

A) coccidioidomicosis.
B) criptococosis.
C) histoplasmosis.
D) candidiasis.
E) paracoccidioidomicosis.

15. Las micosis cutáneas se caracterizan por

A) poner en riesgo la vida del paciente.
B) su contagio es por contacto directo con el hongo o las lesiones.
C) afectan exclusivamente al hombre.
D) son endémicas.
E) son de difícil diagnóstico.

16. Micosis asociada a cuevas, grutas y lugares con excrementos de murciélagos y aves.

A) candidiasis
B) histoplasmosis
C) esporotricosis
D) criptococosis
E) micetoma

Lumbreras Editores

twitter.com/calapenshko

MARLENE CURY PACO CONTRERAS

CAPÍTULO XXX

ENFERMEDADES PARASITARIAS

Objetivos

- Conocer los conceptos básicos de la interacción hospedero-parásito.
- Identificar los principales grupos de protozoos, helmintos y artrópodos causantes de enfermedades.
- Conocer las medidas profilácticas para evitar la aparición de enfermedades parasitarias.

Introducción

La parasitología médica estudia a los patógenos como protozoos, helmintos y artrópodos capaces de provocar enfermedades en el ser humano y otros animales. Aunque las enfermedades parasitarias son consideradas a menudo como "tropicales", asociadas a condiciones ambientales poco salubres y entornos socioeconómicos desfavorables, desde esta perspectiva cabría esperar que en una sociedad moderna y socioeconómicamente desarrollada la importancia quedaría relegada al plano teórico. Pero no es así, en la sociedad actual lejos de ver desaparecer las enfermedades de origen parasitario se han incrementado paulatinamente junto al desarrollo.

En ello han influido las circunstancias modernas, como las facilidades de comunicación y medios de transporte que han hecho posible la diseminación de parasitosis que antes estaban circunscritas a determinadas zonas geográficas: turismo, tráfico de mano de obra y la globalización en la distribución mundial de los alimentos han sido los principales vehículos de esta diseminación. Por ello, la parasitología continúa teniendo un importante papel en los entornos académicos como la medicina, farmacia, veterinaria y otras disciplinas modernas.

En sentido amplio, son parásitos todos los agentes biológicos que pueden producir daño a un hospedero. Por ello, los parásitos abarcan desde virus hasta artrópodos; pero por costumbre se ha restringido el término a aquellos organismos que pertenecen al reino animal y protista.

Parásitos	Disciplina
Virus	Virología
Bacterias	Bacteriología
Hongos	Micología
Protozoos	
Helmintos	Parasitología
Artrópodos	

Disciplinas y su objeto de estudio

Es todo aquel animal que recibe al parásito. Se denomina **huésped definitivo** al que aloja al parásito en su estado adulto o en el que se reproduce de forma sexual. Se llama **huésped intermediario** al que aloja las formas larvarias en desarrollo o en el que se reproduce asexualmente.

Es aquel ser vivo (hombre, animal o planta) o materia inanimada que contiene parásitos u otros microorganismos y son fuente de infección para un huésped susceptible.

Estado de adaptación animal, en el cual el patógeno vive en el huésped sin causarle daño.

Es un artrópodo o animal invertebrado que transmite el parásito al huésped bien sea al inocular al picar en la piel o mucosas, o por contaminar alimentos u otros objetos. Puede ser **mecánico** si solo lo transporta o ser **biológico** si los parásitos se multiplican en ellos o las larvas se transforman en infectantes.

Son organismos microscópicos eucariontes formados por una sola célula, unos de vida libre y otros parásitos de animales y plantas. Algunos son inofensivos, otros pueden provocar daños graves y, en ciertos casos, la muerte. Los protozoos se clasifican tomando en cuenta principalmente sus medios de locomoción.

Son animales invertebrados, algunos de vida libre y otros parásitos de vegetales o animales. Algunos helmintos parásitos tienen tal grado de especialización que no pueden vivir sino en ciertos huéspedes.

Son animales invertebrados que tienen exoesqueleto quitinoso, cuerpo segmentado, patas articuladas y simetría bilateral. La mayoría de artrópodos desempeñan un papel benéfico para la naturaleza al participar en el equilibrio ecológico del ambiente. Unos pocos causan enfermedad humana y otros transmiten patógenos.

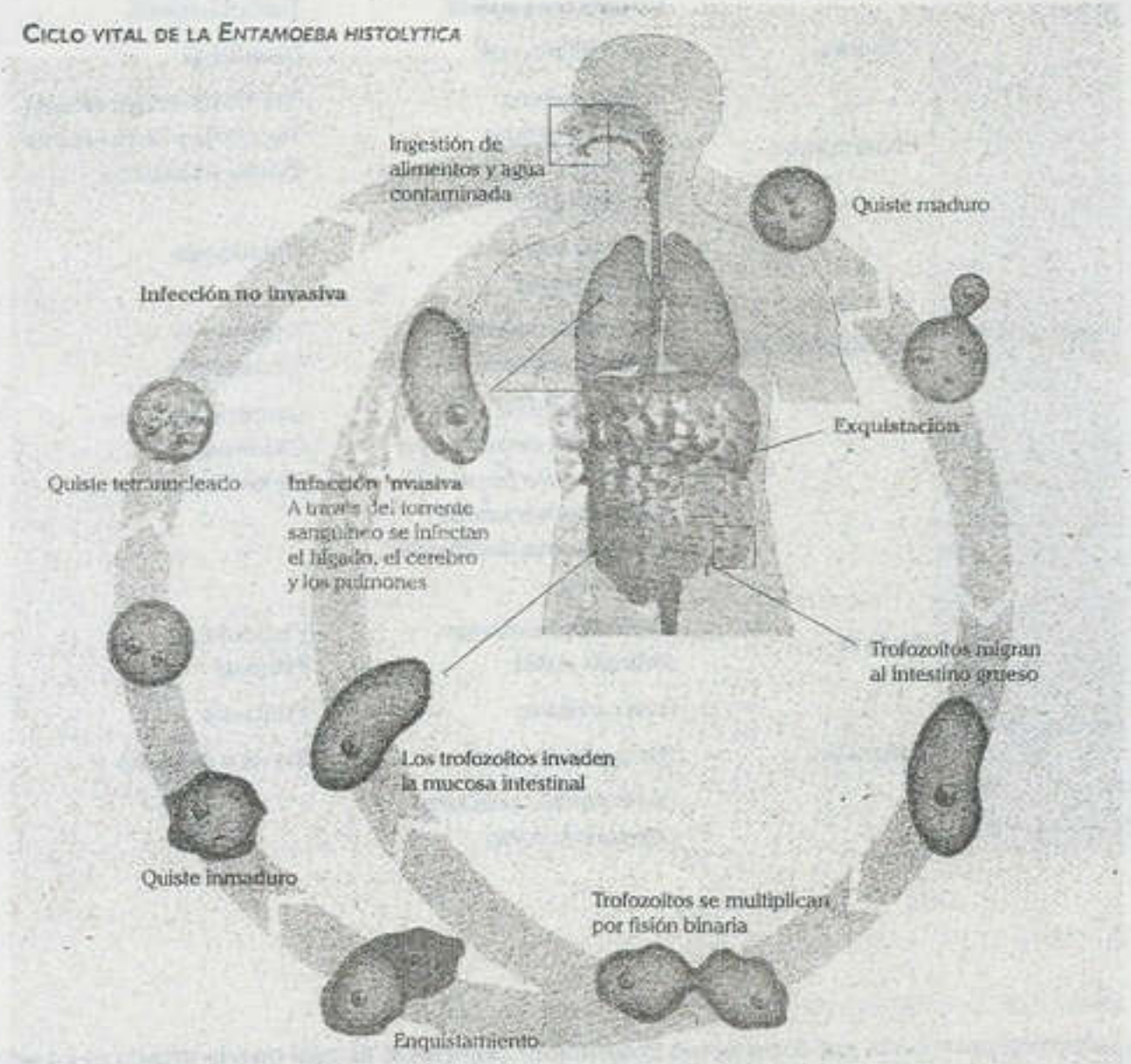
Lumorcos Ediciones

Protozoarios	Mastigóforos	*Giardia intestinalis*	Malabsorción intestinal
		Leishmania sp.	Uta
		Trypanosoma cruzi	Mal de Chagas
		Trichomona vaginalis	Vulvo-vaginitis
	Sarcodinos	*Entamoeba histolytica*	Disentería
		Endolimax nana	
	Apicomplexa	*Plasmodium sp.*	Malaria o paludismo
		Toxoplasma gondii	Toxoplasmosis
	Ciliófora	*Balantidium coli*	Disentería
Helmintos	Platelmintos	*Taenia solium*	Taeniosis y cisticercosis
		Taenia saginata	Taeniosis y cisticercosis
		Echinococcus granulosus	Quiste hidatídico
		Diphyllobothrium latum	
		Fasciola hepática	Hidatidosis
		Paragonimus	
	Nematelmintos	*Trichinella spiralis*	Triquinosis
		Trichuris trichiura	Trichuriosis
		Ascaris lumbricoides	Lumbricosis
		Enterobius vermicularis	Oxiuriosis
		Wuechereria bancroftii	Elefantiasis
		Necator americanus	
		Ancylostoma duodenale	
		Uncinaria	
Artropodos	Insecta	*Pediculus humanus*	Pediculosis
		Phtirius pubis	Ptiriosis
		Pulex irritans	Pulicosis
	Arácnida	*Sarcoptes scabiei*	Sarna o acarosis
		Lactrodectus mactans	
		Loxosceles laeta	

Es la infección provocada por el protozoo *Entamoeba histolytica*, el cual puede invadir el intestino grueso produciendo ulceraciones y a veces localizarse fuera del intestino (hígado, pulmón, cerebro, bazo, etc.).

El hombre adquiere el patógeno al consumir agua y alimentos (especialmente frutas y verduras) contaminados con quistes de *E. histolytica*. Es importante resaltar la transmisión por vectores mecánicos (moscas y cucarachas).

El hombre se infecta al ingerir quistes maduros de *E. histolytica* (forma infectante). La puerta de entrada es la oral y cuando los quistes llegan al intestino delgado se liberan los trofozoítos (forma activa del parásito). Al pasar al intestino grueso, algunos trofozoítos invaden la mucosa, donde además se reproducen por fisión binaria y los otros ubicados en la luz del colon se enquistan. En la materia fecal se pueden encontrar trofozoítos y quistes, pero solo los quistes permanecen viables en el medio externo.



En la amebiasis intestinal se pueden distinguir dos formas: el portador sano sin lesiones ni síntomas y las "invasoras" con lesiones. En los pacientes con sintomatología, los más frecuentes son dolor abdominal, diarrea con sangre, pus y moco, y fiebre. En la amebiasis extraintestinal, la sintomatología es variable según el órgano afectado.

Hay tres medidas fundamentales: control de la higiene de los alimentos y sus manipuladores, saneamiento ambiental especialmente relacionado con una adecuada eliminación de excreta, basura y existencia de agua potable; y además realizar una adecuada educación sanitaria para crear hábitos de higiene personal y familiar.

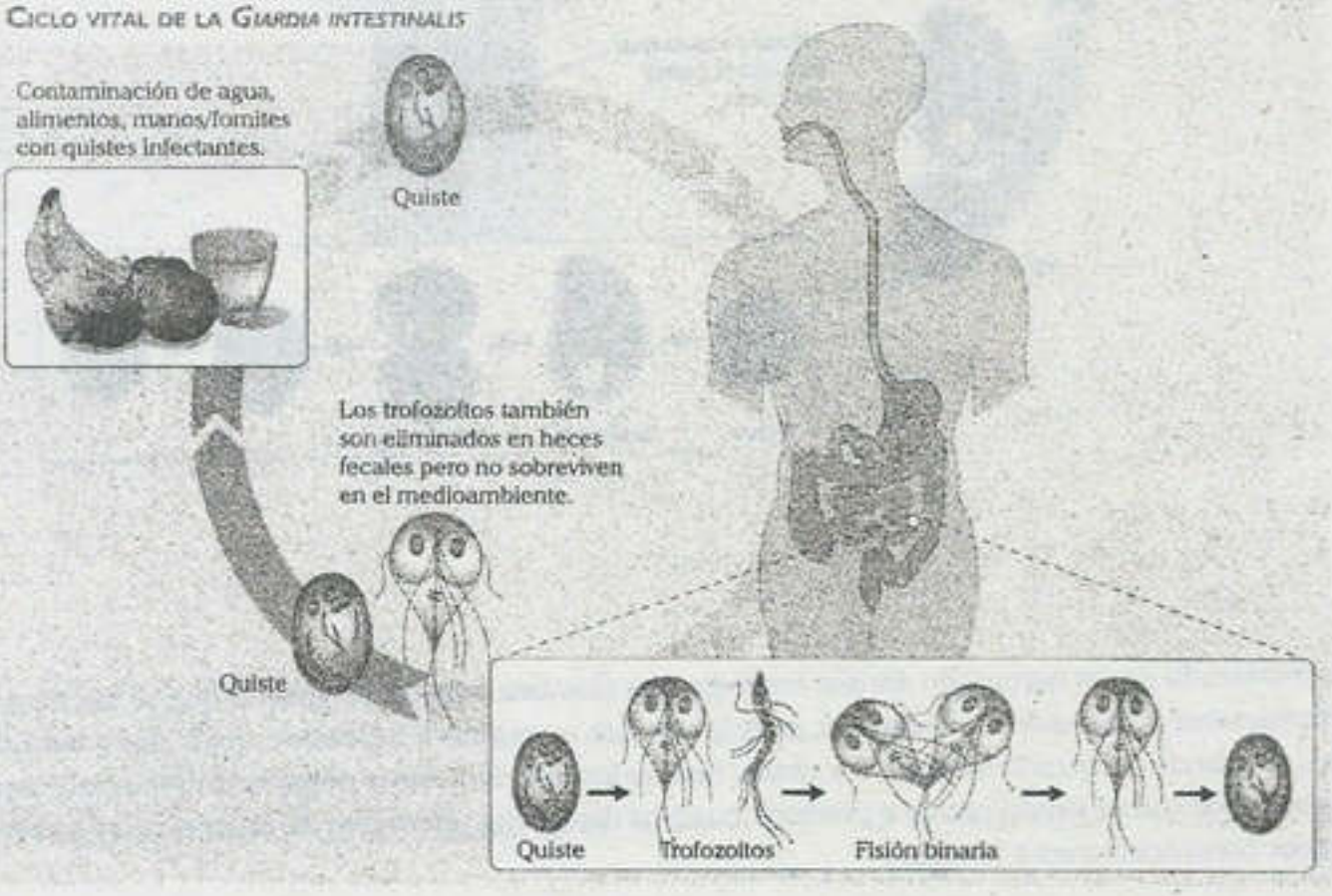
Es la infección producida por *Giardia lamblia* (*G. duodenalis o G.intestinalis*), parásito que vive en la mucosa del intestino delgado, especialmente en el duodeno y yeyuno, y afecta principalmente a niños.

La giardiasis se adquiere al ingerir agua o alimentos contaminados con quistes de *G. lamblia*, y de persona a persona, por lo que las instituciones cerradas como guarderías infantiles se puede presentar mayor riesgo de transmisión.

La mayoría de individuos infectados son asintomáticos, pero algunos casos puede desarrollar manifestaciones clínicas, que van desde trastornos digestivos leves hasta diarrea crónica y malabsorción intestinal.

Las medidas de profilaxis son las mismas que previenen la amebiasis.

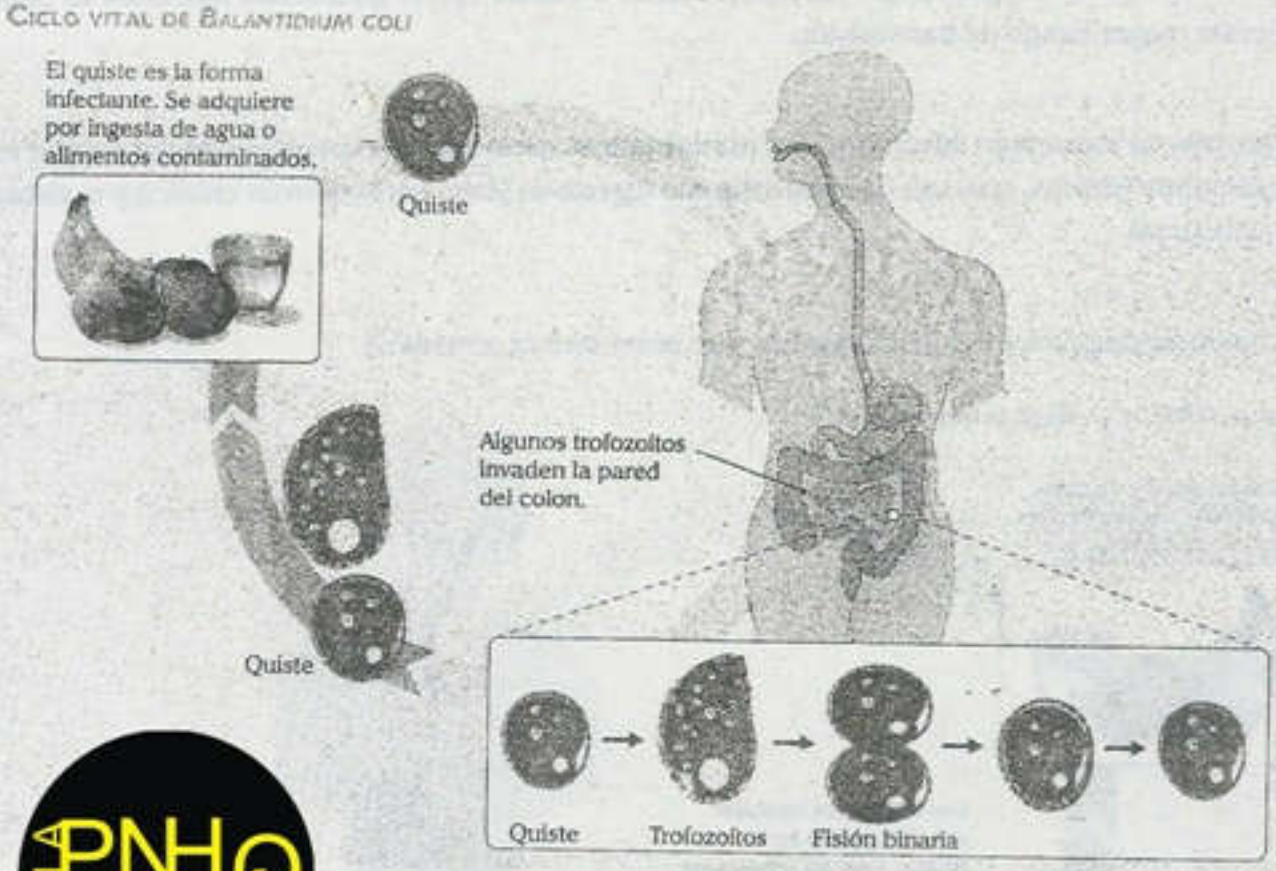
CICLO VITAL DE LA *GIARDIA INTESTINALIS*



Zoonosis provocada por el *Balantidium coli*, único protozoo ciliado que afecta al hombre. El parásito ataca el intestino grueso produciendo ulceraciones, de forma similar a la amebiasis.

La balantidiasis se transmite por vía feco-oral al consumir alimentos o agua contaminada con materia fecal que contenga quistes del parásito. Tener en cuenta que el cerdo es el principal reservorio de este parásito y principal fuente de infección para el hombre.

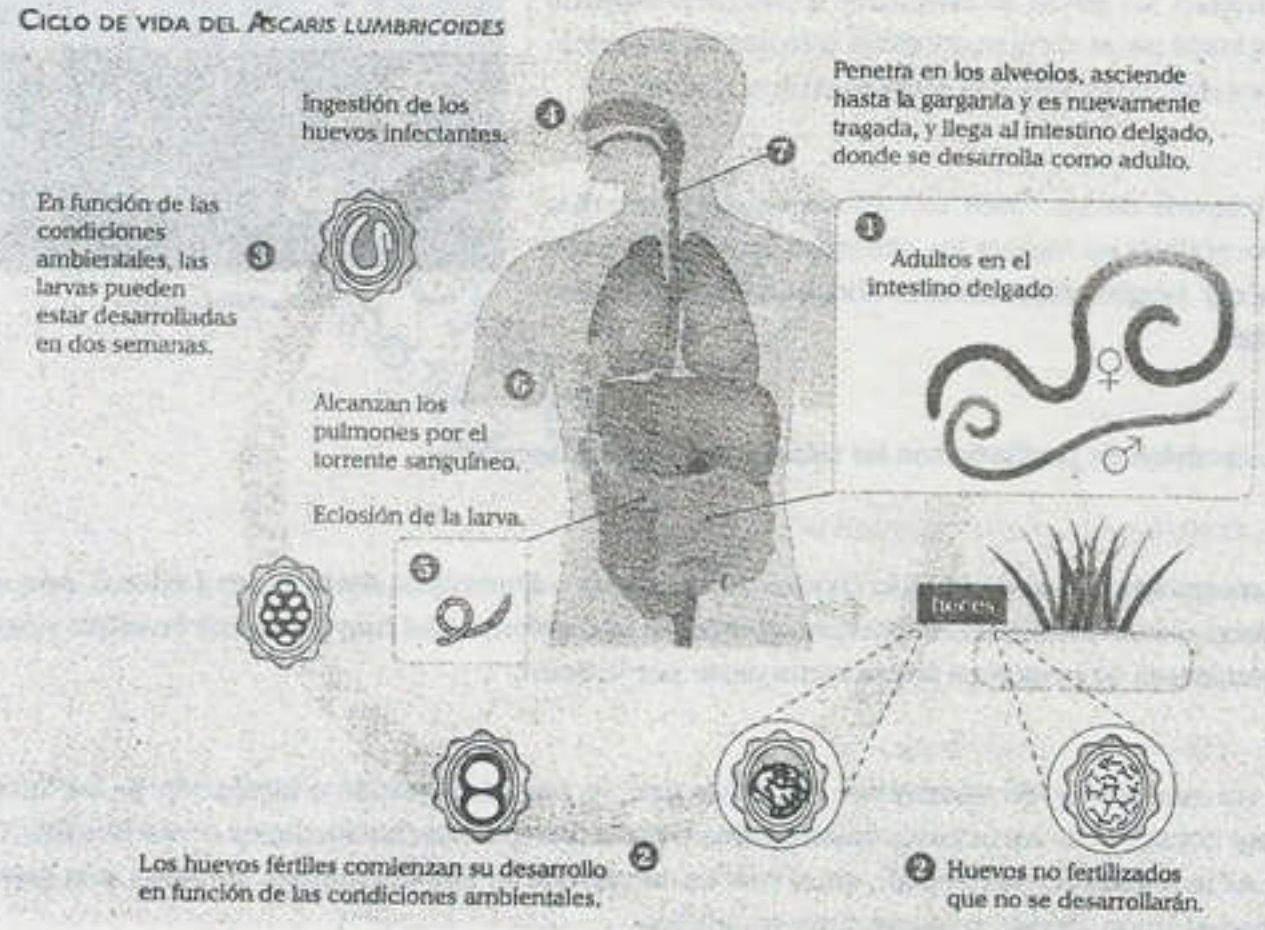
La gran mayoría de casos son asintomáticos. Algunos presentan pocas manifestaciones como cólicos y diarreas. En casos crónicos, estos síntomas son más intensos con deposiciones mucosas y sanguinolentas.



Es provocado por el nematodo *Ascaris lumbricoides* (lombriz intestinal), gusano que se encuentra ampliamente distribuido en el mundo, principalmente en regiones húmedas, tropicales y templadas, afectando preferentemente a los niños. Se localiza en el intestino delgado donde puede permanecer de forma asintomática o producir cuadros digestivos, alteración de la nutrición y a veces graves complicaciones a la vida.

El hombre adquiere la enfermedad al consumir huevos larvados procedentes del suelo o alimentos contaminados con heces.

Al ingerir huevos larvados del gusano (forma infectante), las larvas se liberan en el intestino delgado y penetran la mucosa hasta ingresar en la circulación sanguínea que los llevará al corazón y a los pulmones antes de regresar nuevamente al intestino delgado donde se convertirán en parásitos adultos. Este recorrido que llevan a cabo las larvas se llama ciclo de Loos y el tiempo aproximado es de 17 días. En el intestino delgado continúa su crecimiento hasta llegar a ser adultos, entonces los machos fecundarán a las hembras, y estas producirán 200 000 huevos diarios, los cuales serán eliminados con la materia fecal. En su hábitat, el intestino delgado, el parásito adulto estará en constante movimiento para no ser arrastrado por el peristaltismo intestinal, y así vivirá aproximadamente un año.



La intensidad de la enfermedad varía de acuerdo con el número de parásitos, la edad del paciente y el estado nutricional. Al pasan por los pulmones, las larvas provocarán manifestaciones como tos, expectoración, fiebre y problemas alérgicos. En la fase intestinal, frecuentemente no producen síntomas, pero a veces se presentan cólicos, náuseas, diarreas, irritabilidad, prurito nasal o anal. Pero si el número de parásitos es muy grande pueden obstruir el lumen intestinal.

Entre las principales medidas tenemos la adecuada eliminación de excretas, el lavado de verduras y alimentos, la utilización de agua potable o en ebullición, el control de vectores mecánicos y buena higiene personal. Las medidas a nivel nacional se relacionan con una mejora del saneamiento ambiental y un buen sistema de disposición de excretas y agua potable.

4.2. TRICOCEFALOSIS

Es provocado por el nematodo *Trichuris trichiura* (tricocéfalo) que se localiza en el colon. Esta enfermedad predomina en zonas tropicales humedas, pues los huevos en la tierra son sensibles a la desecación.

La infección se adquiere al consumir huevos embrionados del parásito con los alimentos, tierra o agua. Posteriormente, las larvas se liberan en el intestino delgado para luego pasar al colon donde se incrustan en la mucosa por uno o tres años. No realizan el ciclo de Loos.

Tricocéfalos adultos

La mayoría de los casos son asintomáticos, pero si la tricocefalosis es masiva los síntomas son diarreas con moco y sangre, pujo, dolores abdominales y prolapso rectal.

Lumbreras Editores

4.2.3. Profilaxis

Las medidas de profilaxis son las mismas que para la ascariasis.

4.3. OXIURIASIS (ENTEROBIOSIS)

Es provocada por el nematodo *Oxyuris vermicularis* o *Enterobius vermicularis* (oxiuro), pequeño gusano que se localiza en el intestino grueso. Es una enfermedad muy frecuente en niños y puede diseminarse de persona a persona, sin pasar por la tierra.

4.3.1. Modo de transmisión

La vía más común de transmisión es por vía oral, ya sea por ingestión o inhalación de los huevos, o por consumo de alimentos contaminados o por el polvo de las habitaciones contaminadas. Otra vía es la retroinfección (rectal), en el cual las larvas que se han liberado en la región anal pueden volver al colon, donde se convertirán en adultos.

4.3.2. Ciclo de vida

El hombre se infecta al ingerir o inhalar huevos embrionados del parásito. Los jugos digestivos disuelven sus envolturas y las larvas se liberan en el intestino grueso donde se diferencian en hembras y machos, viviendo aproximadamente tres meses. Después de la cópula, los machos son eliminados por las heces y las hembras grávidas viajan por el intestino grueso hasta el ano donde depositan sus huevos, después de este acto las hembras mueren.

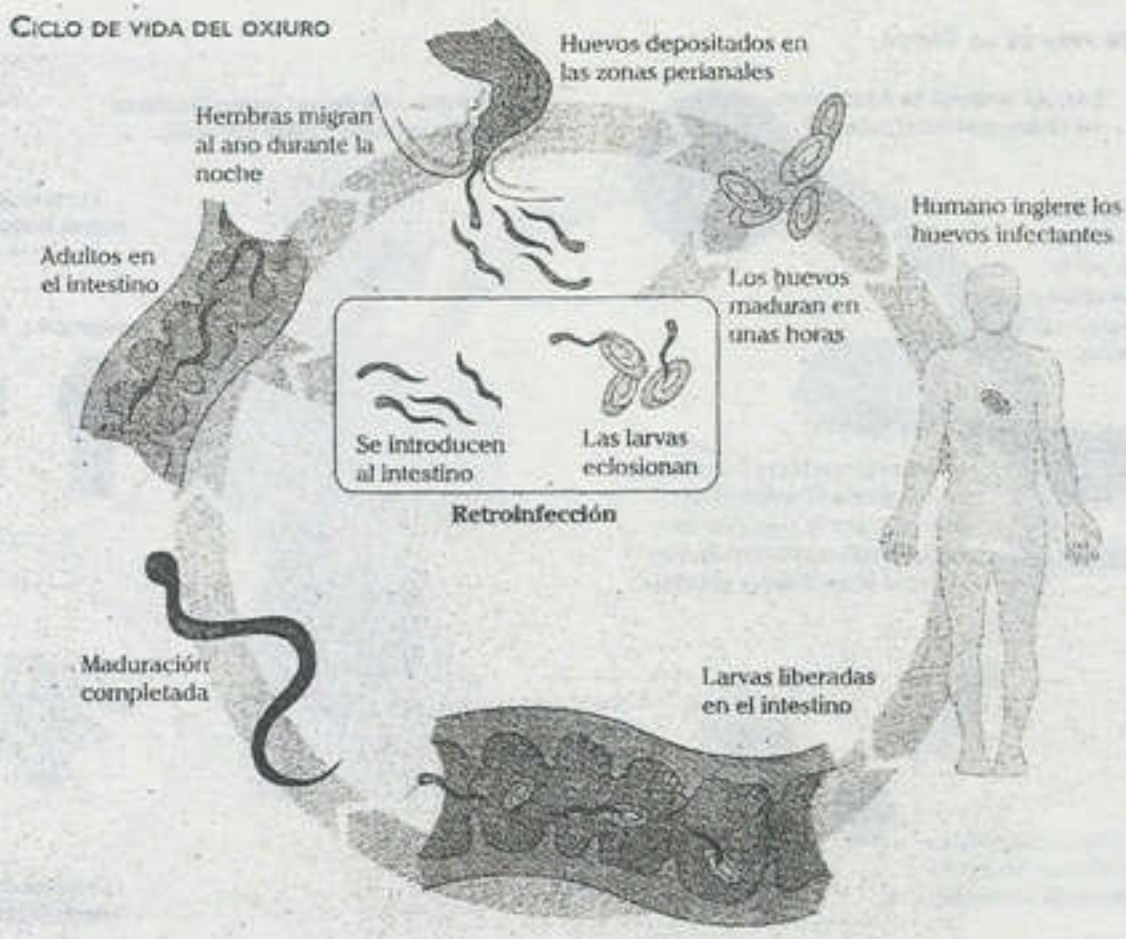
Este suceso generalmente ocurre en la noche. Los huevos liberados maduran rápidamente y adquieren la capacidad infectante a las pocas horas. Estos huevos pueden permanecer en la piel, ropa o en el polvo, por varias semanas, siempre que haya humedad, pues la desecación los mata muy rápido. El método mas frecuente de infección es por las manos. Las piyamas o la ropa de cama son también focos de infección, especialmente para los niños que conviven intimamente. El polvo de la habitación se ha incriminado como posible frente de infección.

4.3.3. Sintomatología

Los síntomas principales son prurito (anal, nasal y vulvar) y nerviosismo. El prurito anal es generalmente nocturno y obliga a rascarse con desesperación. Las niñas con oxiuros suelen presentar prurito vulvar acompañado de leucorrea (secreción vaginal). Los síntomas nerviosos son variados y derivan de las alteraciones del sueño nocturno como niños ojerosos, pálidos o muy inquietos y con rendimiento deficiente en los estudios.

4.3.4. Profilaxis

Es necesario tener una higiene personal adecuada, cuidado con las uñas, lavado cuidadoso de la ropa y tratamiento inmediato de las persona infectadas. Asimismo, al limpiar el hogar de una familia infectada, eliminar el polvo acumulado debajo de la cama, cortinas y parte superior de las puertas para evitar inhalar huevos infecciosos. Conviene recordar la necesidad de cambios de sábanas y de la ropa de dormir y aconsejar su exposición al sol diariamente. Tener presente que el tratamiento para curar la enfermedad no solo lo debe recibir el paciente sino todo el grupo familiar.



4.4. TENIASIS

Es la infección causada por cestodos adultos del género *Taenia* (*Taenia solium* o tenia del cerdo y *Taenia saginata* o tenia de la vaca) cuyos adultos se desarrollan en el intestino delgado del hombre (hospedero definitivo) y los estados larvales o cisticercos en vacunos y cerdos (hospederos intermediarios).

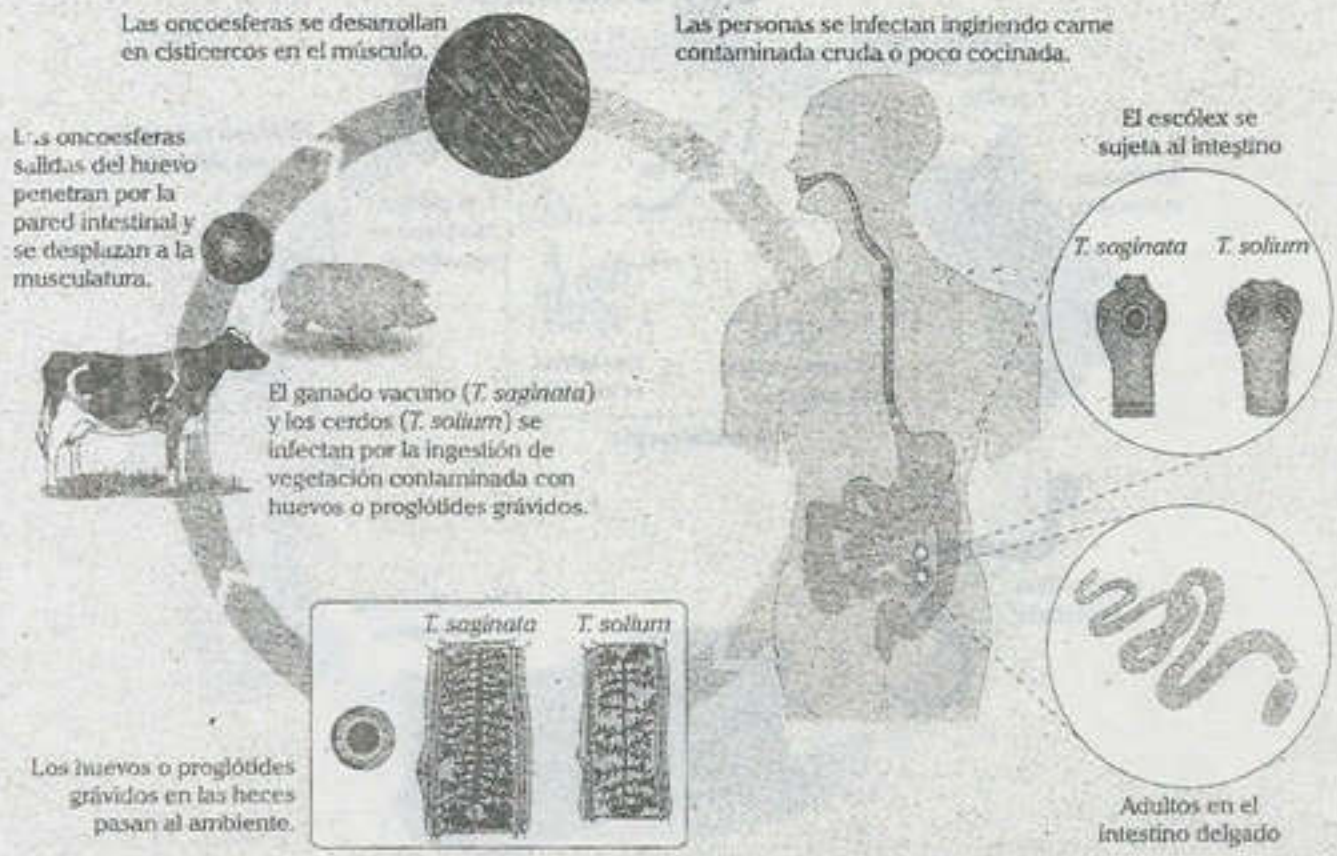
4.4.1. Modo de transmisión

El hombre adquiere la enfermedad al consumir carne de cerdo o res crudos o sometidos a poca cocción infectados con cisticercos.

4.4.2. Ciclo de vida

El hombre es el único huésped definitivo para estas dos especies. Después que el ser humano ingiere la carne de cerdo o res contaminada con cisticercos, el parásito emerge en el intestino delgado donde se adhiere a la mucosa por medio de sus ventosas y ganchos. Del cuello del gusano se desarrollan los proglótides y a medida que van alejándose del escólex maduran y se diferencian sexualmente. En un lapso de tres meses se ha formado un ejemplar adulto hermafrodita, que empieza a producir huevos y expulsar proglótides. Estos parásitos pueden vivir hasta veinte años. Los proglótides expulsados salen con las heces y al caer al suelo se liberan los huevos. Cuando estos huevos son ingeridos por los huéspedes intermediarios, como los cerdos y vacunos, los embriones hexacantos se liberan del huevo en el intestino delgado y entran a la circulación para localizarse en diversos sitios, principalmente músculo esquelético, donde se transforman en cisticercos.

CICLO DE VIDA DE LA *TAENIA*



4.4.3. Sintomatología

La mayoría de las personas infectadas con teniasis son asintomáticas. Algunas refieren tener molestias como prurito y sensación de cuerpo extraño cuando expulsan las proglótidas por el ano.

4.4.4. Prevención y control

Se hace a dos niveles: general, relacionado con buen control de las carnes en los mataderos por parte de las autoridades de salud, así como informar al público consumidor cómo reconocer la carne infectada a través de la observación o palpación individual, al realizar una adecuada cocción de las carnes y congelación prolongada, ya que matan las larvas y evitan que sean infectantes. Otra medida de gran importancia es la adecuada eliminación de excretas humanas, porque evita la infección de animales que actúan como huéspedes intermediarios.

4.5. DIFILOBOTRIASIS

Es producida por varias especies de cestados adultos del género *Dyphyllobothrium*, cuyos adultos se desarrollan en mamíferos y aves, mientras las formas juveniles en crustáceos y peces teleósteos. El principal y más conocido es *Diphyllobothrium latum*, pero existen otras especies como *D. pacificum*, *D. ursi*, etcétera.

4.5.1. Ciclo de vida

El hombre adquiere la enfermedad al consumir carne cruda o mal cocida de pescados infectados con larvas. Cuando estas larvas del parásito llegan al intestino delgado se fijan con su escólex e inician su crecimiento hasta llegar a la adultez, pudiendo vivir hasta diez años. Los huevos que producen el gusano adulto son eliminados por las materias fecales y liberan al primer estado larvario, el cual nada libremente y es ingerido por el primer huésped intermediario (un crustáceo). En el se desarrolla el segundo estado larvario, que es infectante para ciertos peces, que actúan como segundos intermediarios. Y en estos peces se desarrolla el tercer estado larvario que es infectante para el huésped definitivo (el hombre y otros animales).

4.5.2. Sintomatología

La infección produce poco o ningún síntoma. Solo en algunos casos hay dolor, diarrea o estreñimiento y rara vez obstrucción intestinal.

4.5.3. Profilaxis

Una forma de prevenir es cocinar la carne de pescado. Además realizar un tratamiento de las aguas residuales antes de enviarlos a los ríos o lagos.

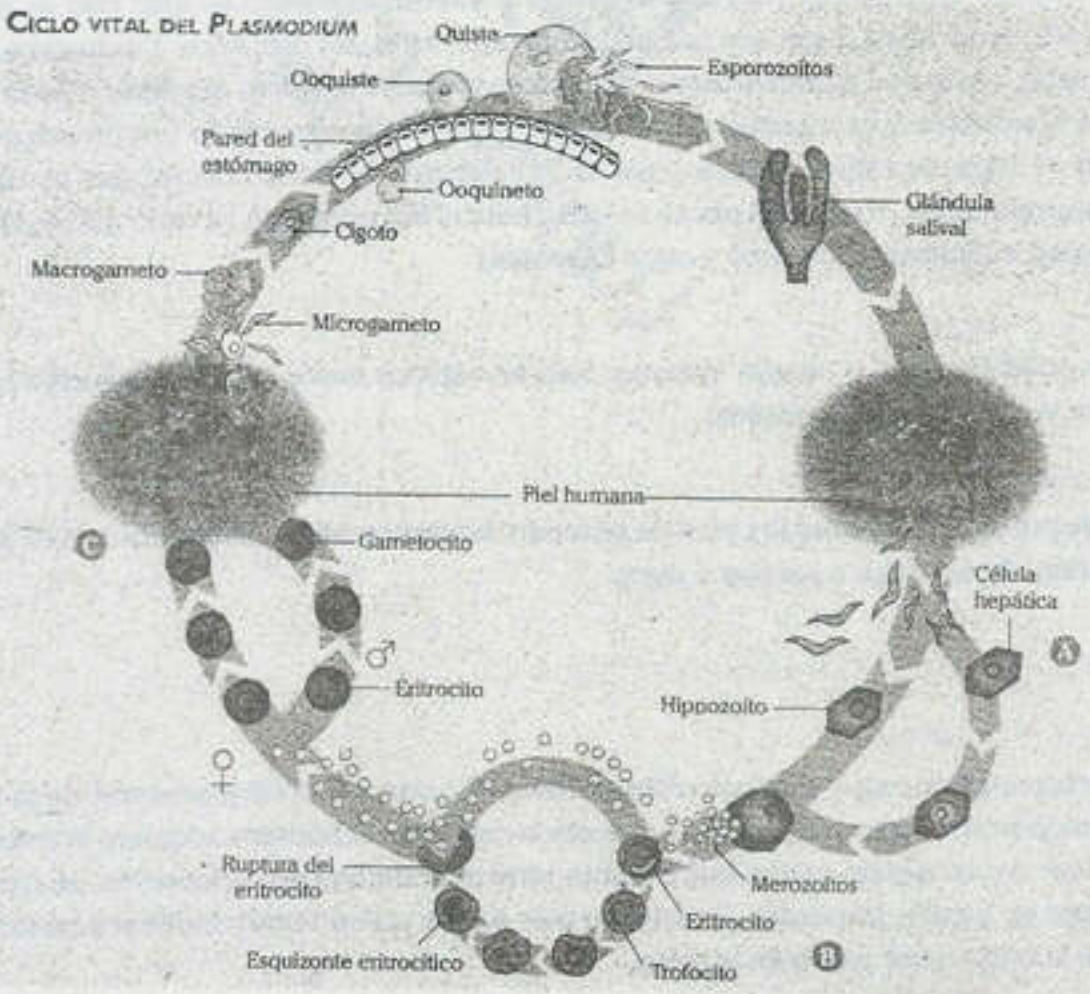
5. PARASITOSIS TISULARES POR PROTOZOOS

5.1. MALARIA (PALUDISMO)

Es ocasionada por protozoos del género *Plasmodium: P. vivax* y *P. ovale* causantes de la terciana benigna, *P. falciparum* la terciana maligna y *P. ovale* la cuartana. El hombre adquiere la enfermedad por la picadura del mosquito (zancudo) hembra infectada del género *Anopheles*, el cual habita principalmente en lugares tropicales. En nuestro país es una enfermedad endémica tanto en algunas zonas de la costa norte como de la selva.

En el mosquito (huésped definitivo) se realiza el ciclo esporogónico con reproducción sexual y en la especie humana (huésped intermediario) se efectúa el ciclo esquizogónico o multiplicación asexuada. El ciclo asexuado (esquizogónico) comienza con la picadura del mosquito *Anopheles* que inocula esporozoítos a la sangre. Estas formas parasitarias pasan a las células hepáticas (hígado), donde crecen y se multiplican por esquizogonia, originando una gran cantidad de merozoítos. Al romperse los hepatocitos liberan los merozoítos, los cuales entran en la circulación e invaden los eritrocitos. Dentro de éllos se siguen multiplicando, originando más merozoítos que serán liberados al romperse la célula. Algunos merozoítos se diferenciarán en gametocitos masculinos (microgametocitos) o femeninos (macrogametocitos) los cuales no producen sintomatología en el hombre.

El ciclo sexuado (esperogónico) empieza cuando las hembras del género *Anopheles* se infectan al ingerir sangre de personas que tenga las formas sexuales del parásito (gametocitos), los cuales al entrar en el estómago del mosquito se transforman en gametos, y al fecundarse darán origen a un cigote o huevo. Este huevo se transforma en una célula alargada y móvil llamada oocineto, que penetrará en la pared del estómago, donde se convertirá en ooquiste en cuyo interior se formarán los esporozoítos. Al estallar el ooquiste, los esporozoítos se diseminarán por el cuerpo del mosquito, pero tienen preferencia por las glándulas salivales, donde permanecerán hasta ser inoculados al hombre durante una nueva picadura.



El cuadro clínico se resume en escalofrío, fiebre y sudoración asociados a anemia y, posteriormente, hepato y esplenomegalia. Los accesos febriles son de periodicidad particular cada 48 (terciana) o 72 horas (cuartana).

La forma más grave la provoca el *P. falciparum*, que presenta complicaciones potencialmente fatales, entre ellas la malaria cerebral, gastrointestinal, falla renal y edema pulmonar. Si la malaria ocurre durante el embarazo representa una grave complicación que puede llevar a la muerte del feto en el útero.

5.1.3. Tratamiento

La quinina, obtenida de la planta de América del género *Cinchona*, fue el único producto utilizado por varios siglos. Actualmente hay varios esquemas de tratamiento según el *Plasmodium*, las regiones y resistencia a los antimaláricos.

5.1.4. Profilaxis

Para evitar la picadura del mosquito se debe proteger la casa usando mosquiteros y al salir utilizar repelente contra insectos. Otras medidas son eliminar los vectores, en su etapa larval o su pupa; también tratar y aislar al enfermo para romper la cadena de transmisión de la malaria.

5.2. MAL DE CHAGAS (TRIPANOSOMIASIS AMERICANA)

Es ocasionada por el protozoo *Trypanosoma cruzi* y transmitida por insectos hemípteros del género *Triatoma, Rhodnius* y *Panstrongylus* (triatominos, chirimachas o chinches besadores). Afecta a la población rural y periurbana, pues las viviendas construidas con adobe y carrizo favorecen la presencia y proliferación del vector.

La infección en nuestro país es endémica y se han reportado casos en Arequipa, Moquegua, Ica, Tumbes, Cajamarca, Lambayeque, San Martín, Junín, siendo el *Triatoma infectans* el vector en la zona sur del país.

5.2.1. Modo de transmisión

El hombre puede infectarse por varios mecanismos: por las deyecciones de triatominos que contienen parásitos, los cuales entrarán por el sitio de la picadura o por la mucosa ocular, nasal o bucal. También puede transmitirse por la placenta, originando una infección congénita, y a través de las transfusiones sanguíneas.

5.2.2. Ciclo de vida

Cuando el triatomino defeca, las formas flageladas del parásito llamado tripomastigote (forma infectante) ingresan en la sangre e invaden los macrófagos, músculos liso y cardiaco, convirtiéndose dentro de ellos en amastigotes (formas sin flagelos).

Los vectores adquieren el parásito al succionar sangre de animales infectados (hombre, perros, gatos, ratón, zarigüeyas).

Lumbreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

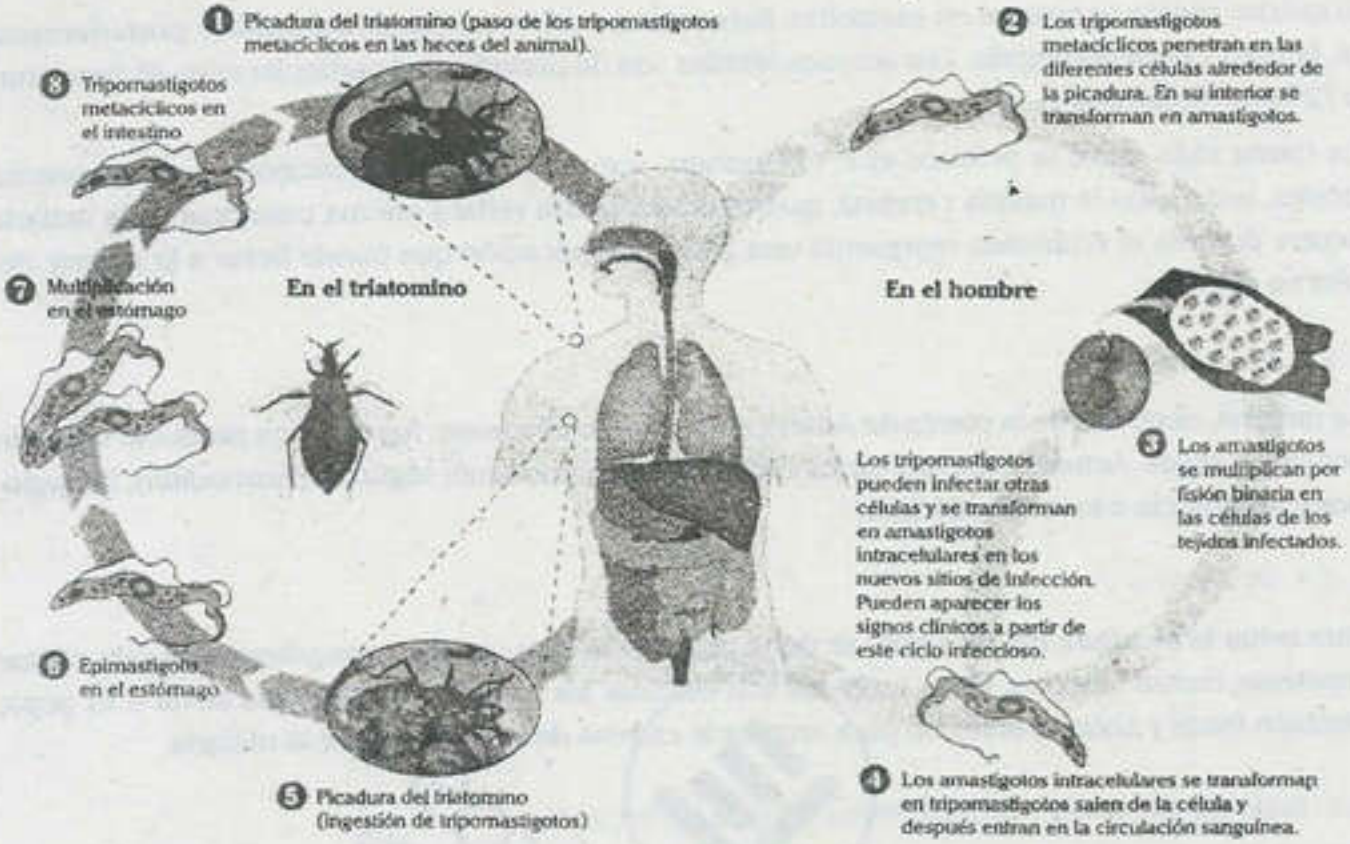
Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

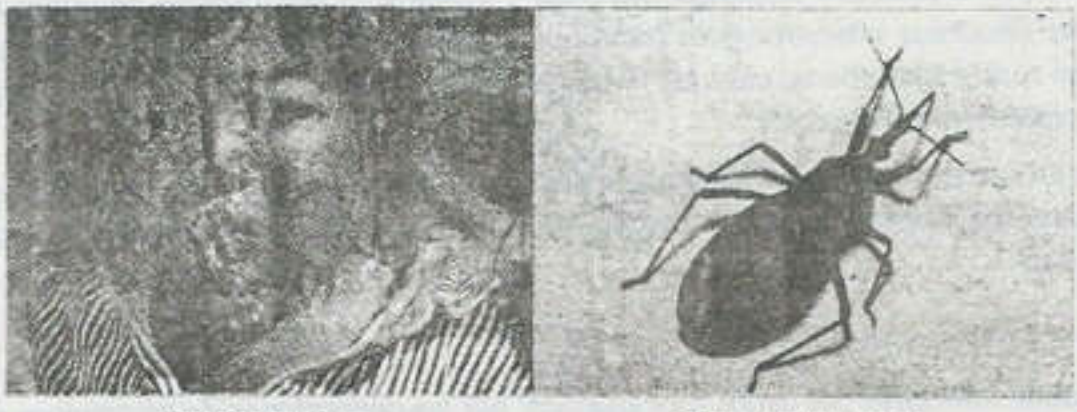
No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

CICLO VITAL DE *TRYPANOSOMA CRUZI*





Signo de Romaña

Triatoma (chirimacha)

5.2.3. Sintomatología

La enfermedad pasa por tres fases: la aguda, sin manifestaciones evidentes aunque a veces se presenta un edema palpebral o signo de Romaña, la latente o indeterminada y la crónica. Esta última se caracteriza por daño irreversible como megaformaciones (megaesófago y megacolon) y lesiones cardiacas generalmente de curso fatal.

5.2.4. Profilaxis

La mejor prevención es eliminar a los vectores, mejorando la vivienda campesina para hacer poco probable su infestación por triatonas.

5.3. LEISHMANIASIS TEGUMENTARIA AMERICANA

Es causada por el protozoo *Leishmania* y transmitida por la picadura de insectos del género *Lutzomyia* (flebótomos) conocidos como "titiras" o "manta blanca". En el Perú, la enfermedad es endémica siendo las formas clínicas predominantes la leishmaniosis cutánea andina ("uta") y la leishmaniosis cutánea-mucosa selvática ("espundia"). Los parásitos afectan la piel y mucosas del hospedero.

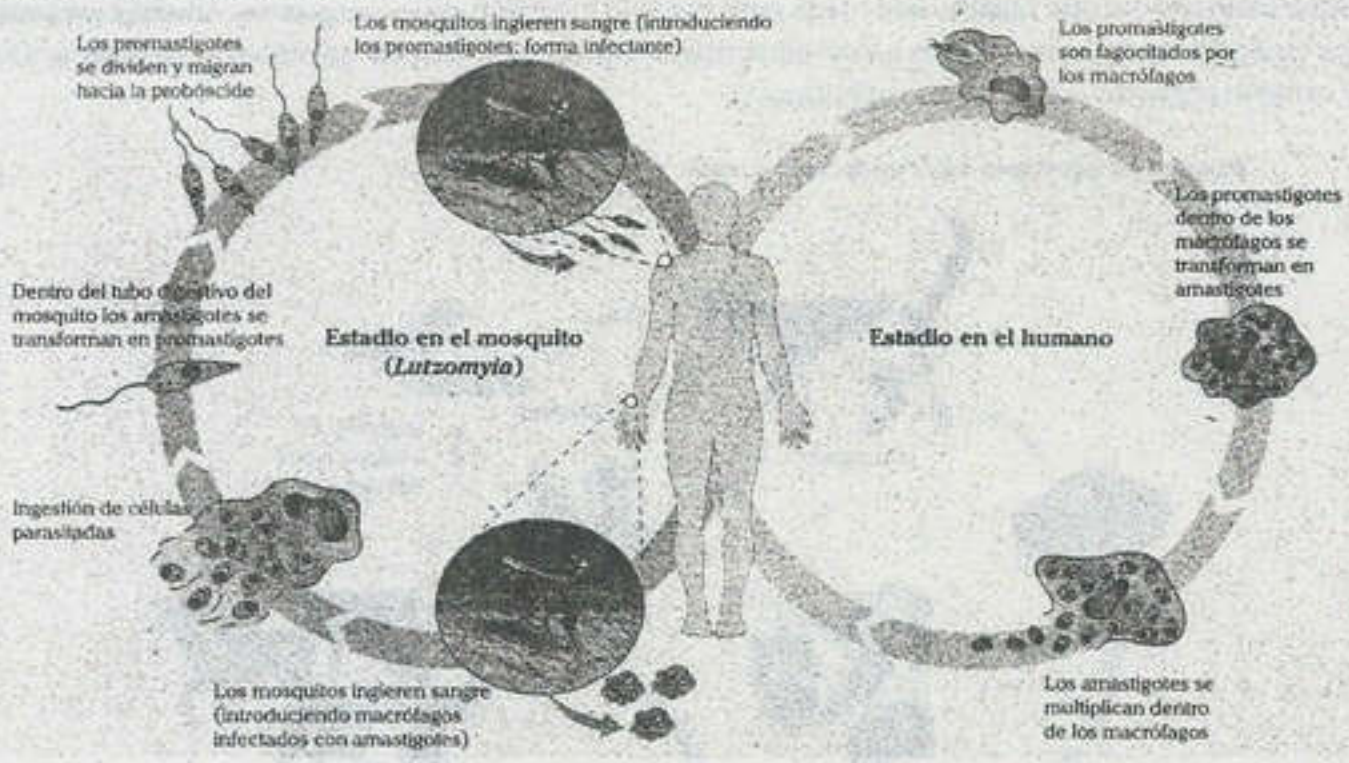
5.3.1. Sintomatología

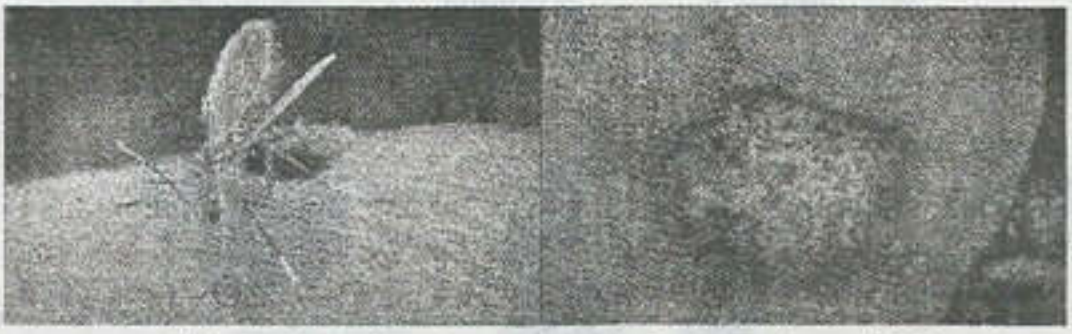
La infección comienza con una lesión tipo pápula que crece y luego se ulcera. La lesión no cicatriza por el contrario se va extendiendo. Las zonas más afectadas son las descubiertas (cara, miembros superiores e inferiores). En algunos casos pueden observarse lesiones en formas de placas, nódulos o formaciones vegetantes ("verrucomas"). En un pequeño porcentaje desarrollan lesiones mucosas que pueden producir destrucción del tabique nasal, paladar o faringe.

5.3.2. Profilaxis

Se basa en el tratamiento de enfermos, el control de vectores y eliminación o control de los reservorios.

CICLO VITAL DE *LEISHMANIA PERUVIANA*





Flebótomo *Lutzomyia* — Lesión provocada por la leishmaniasis

5.4. TOXOPLASMOSIS

Es la infección del hombre, diversos mamíferos y aves producida por el protozoo intracelular *Toxoplasma gondii*.

5.4.1. Modo de transmisión

La enfermedad se adquiere al consumir ooquistes procedentes del suelo contaminado con las materias fecales del gato u otros felinos parasitados. También se puede adquirir al consumir carne cruda o mal cocida de cerdos, ovejas, pollos, o puede pasar de madre a hijo a través de la placenta.

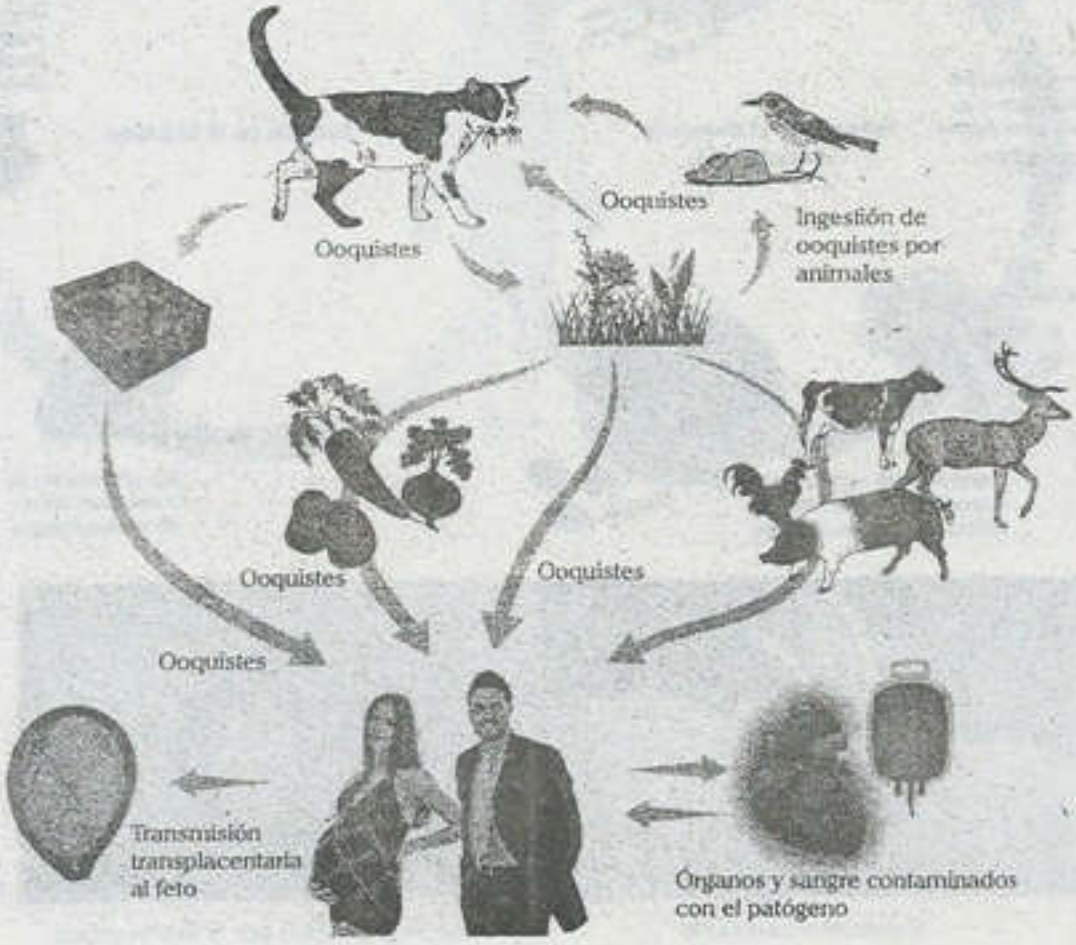
5.4.2. Sintomatología

En las personas generalmente es asintomática, pero persiste de forma latente durante toda la vida y existe el riesgo de reactivación cuando hay inmunodepresión (en pacientes con sida, o con terapia antitumoral o sometidos a transplante de órganos), siendo en estos casos bastante grave. Si la mujer está embarazada y se infecta por primera vez, puede originar en el feto secuelas oculares (corioretinitis) y en el sistema nervioso central (SNC) (hidrocefalia y calcificaciones cerebrales).

5.4.3. Profilaxis

Debe centrarse en una higiene adecuada para evitar la ingestión de los ooquistes. Además mejorar los cuidados en relación con los gatos: alimentación adecuada, limpiar los sitios de su defecación y evitar el contacto con la mujer embarazada.

FORMAS DE CONTAGIO DEL *TOXOPLASMA GONDII*



5.5. TRICOMONIASIS UROGENITAL

Es la infección producida por el protozoo *Trichomonas vaginalis*, parásito que habita en la vagina y uretra de la mujer, y en la glándula prostática, vesículas seminales y uretra del varón. Este protozoo existe solamente en estado de trofozoíto, pues carece de quiste.

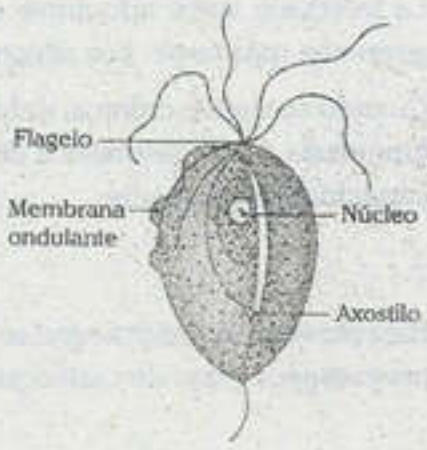
5.5.1. Modo de transmisión

La enfermedad se transmite por contacto directo, principalmente de tipo sexual, aunque puede pasar a través de las manos, o en recién nacidos durante el parto de madres con los parásitos.

5.5.2. Sintomatología

En la mujer, los principales síntomas y signos son: flujo vaginal amarillento, verdoso o gris, inodora o de fuerte olor, prurito vaginal y disuria (dolor al orinar). Los varones generalmente son asintomáticos. Las principales complicaciones en las mujeres embarazadas son rotura de membranas, parto prematuro y endometritis.

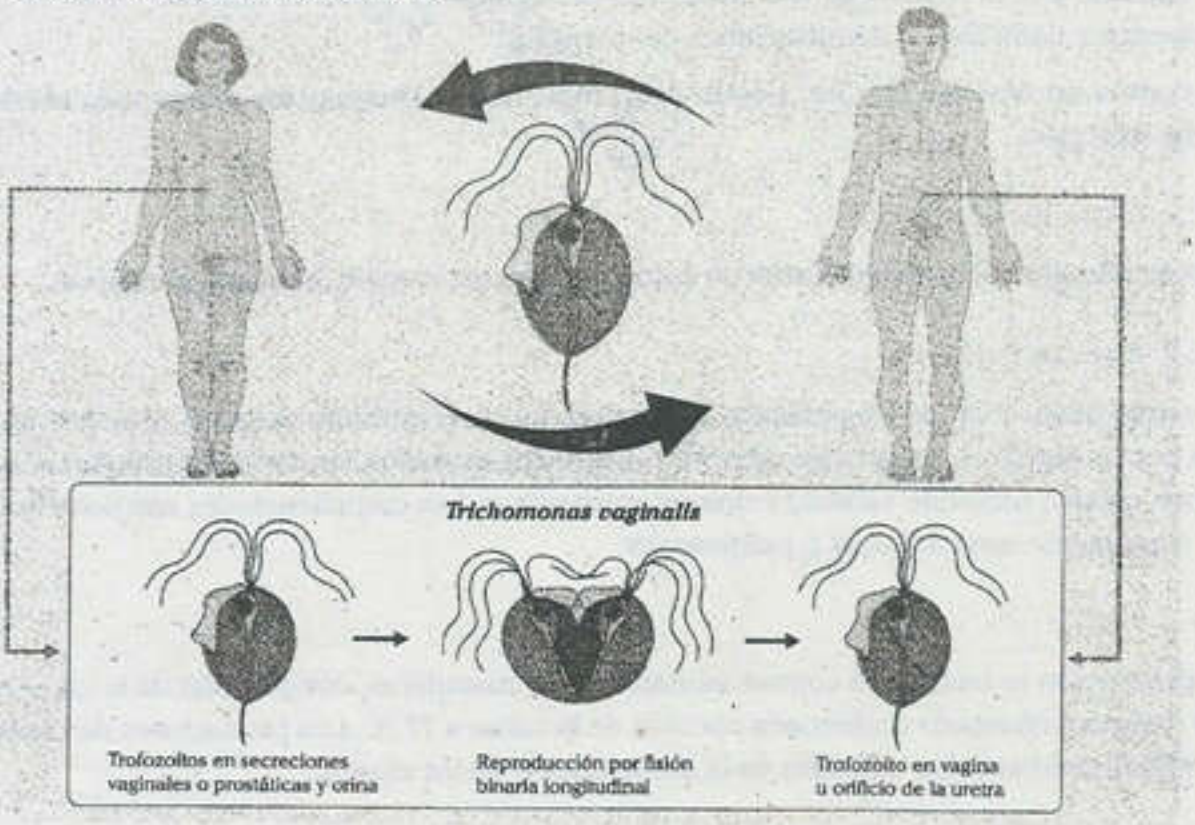
TRICHOMONAS VAGINALIS



5.5.3. Profilaxis

Se deben aplicar todos los cuidados que se dan en toda enfermedad venérea, como un diagnóstico precoz y abstención de las relaciones sexuales hasta haber confirmado su curación. Además, dar el tratamiento tanto al enfermo como a su compañero sentimental.

CICLO VITAL DE *TRICHOMONAS VAGINALIS*



Limusa Editores

6. PARASITOSIS TISULARES POR HELMINTOS

6.1. FILARIASIS LINFÁTICA

Es provocada por el nematodo adulto *Wuchereria bancrofti* (filaria). Los gusanos adultos se alojan en el sistema linfático alterando su circulación.

6.1.1. Modo de transmisión

Es transmitida por insectos del género *Culex*, *Sedes* y *Anopheles*.

6.1.2. Sintomatología

La infección suele adquirirse en la infancia, pero las manifestaciones dolorosas y desfigurantes aparecen más tarde. Los síntomas iniciales son dolor y edema en los genitales o extremidades.

Cuando se vuelve crónica, debido a la obstrucción linfática, provoca engrosamiento de la piel con hipertrofia de los genitales o de las extremidades con deformación (elefantiasis) produciendo discapacidad permanente.

6.1.3. Profilaxis

Para prevenir la enfermedad se recomienda evitar la picadura de los mosquitos mediante repelentes cutáneos y uso de mallas protectoras.

Limusa Editores

6.2. TRIQUINOSIS

Es causada por el nematodo *Trichinella spiralis* (triquina). Tanto el hombre como el cerdo son hospederos definitivos e intermediarios del parásito.

Es común en América del Sur, siendo Argentina, Chile y Uruguay los países más afectados con dicha infección.

6.2.1. Modo de transmisión

Esta se adquiere al consumir carne de cerdo cruda o mal cocida infectada con larvas.

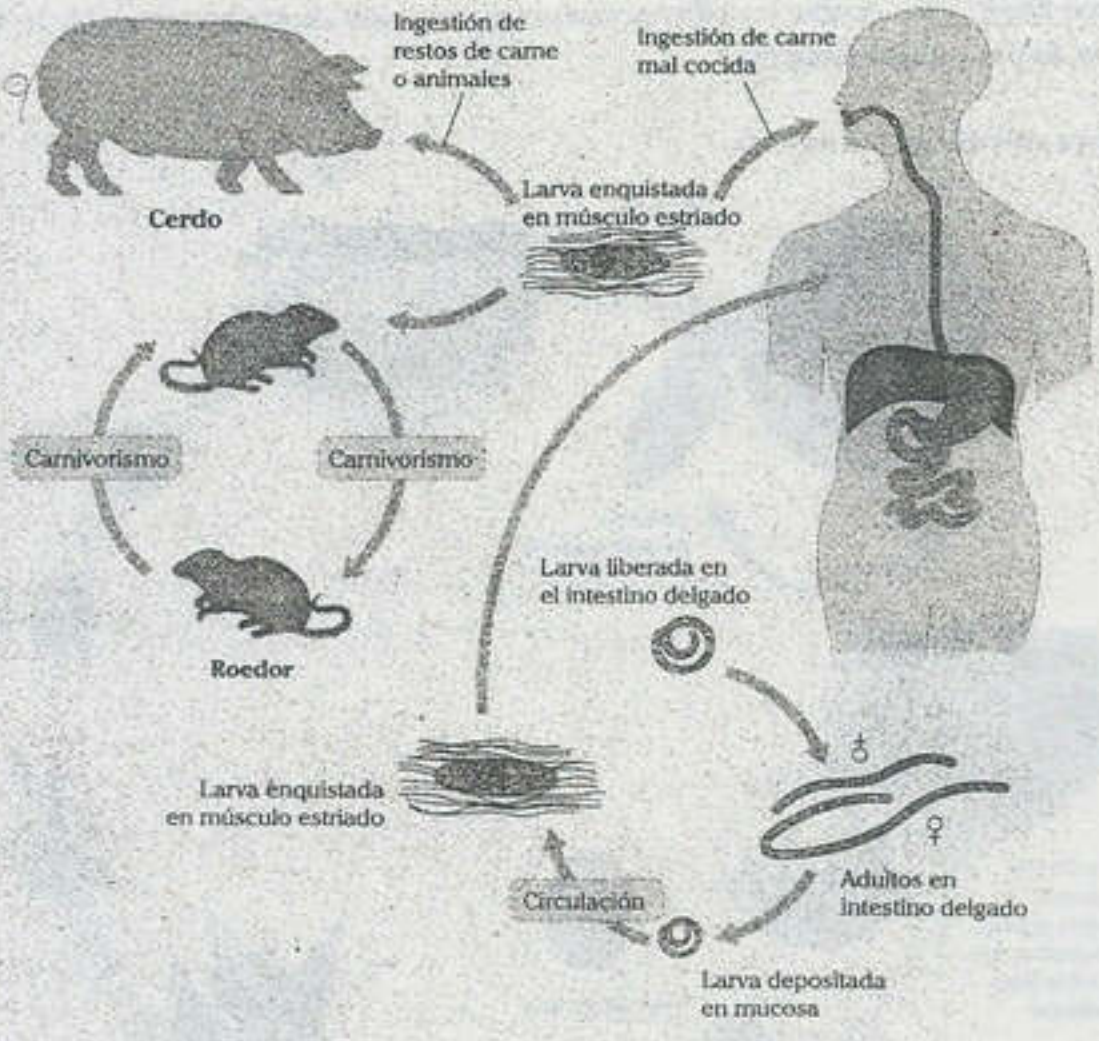
6.2.2. Sintomatología

Es asintomática cuando los parásitos se encuentran en el intestino delgado. Si las larvas, producidas por las hembras, llegan a los diferentes músculos estriados, vía circulación linfática, ocasionan fiebre, cefalea (dolor de cabeza) y dolores musculares. Las complicaciones son poco frecuentes y principalmente son cardiacas o pulmonares.

6.2.3. Profilaxis

La prevención se basa en el control sanitario en los mataderos, congelación de la carne del cerdo por tiempo prolongado y adecuada cocción de la carne a 77 °C. Los productores de carne pueden contribuir mediante los cuidados en la alimentación de los cerdos.

CICLO DE VIDA DE *TRICHINELLA SPIRALIS*



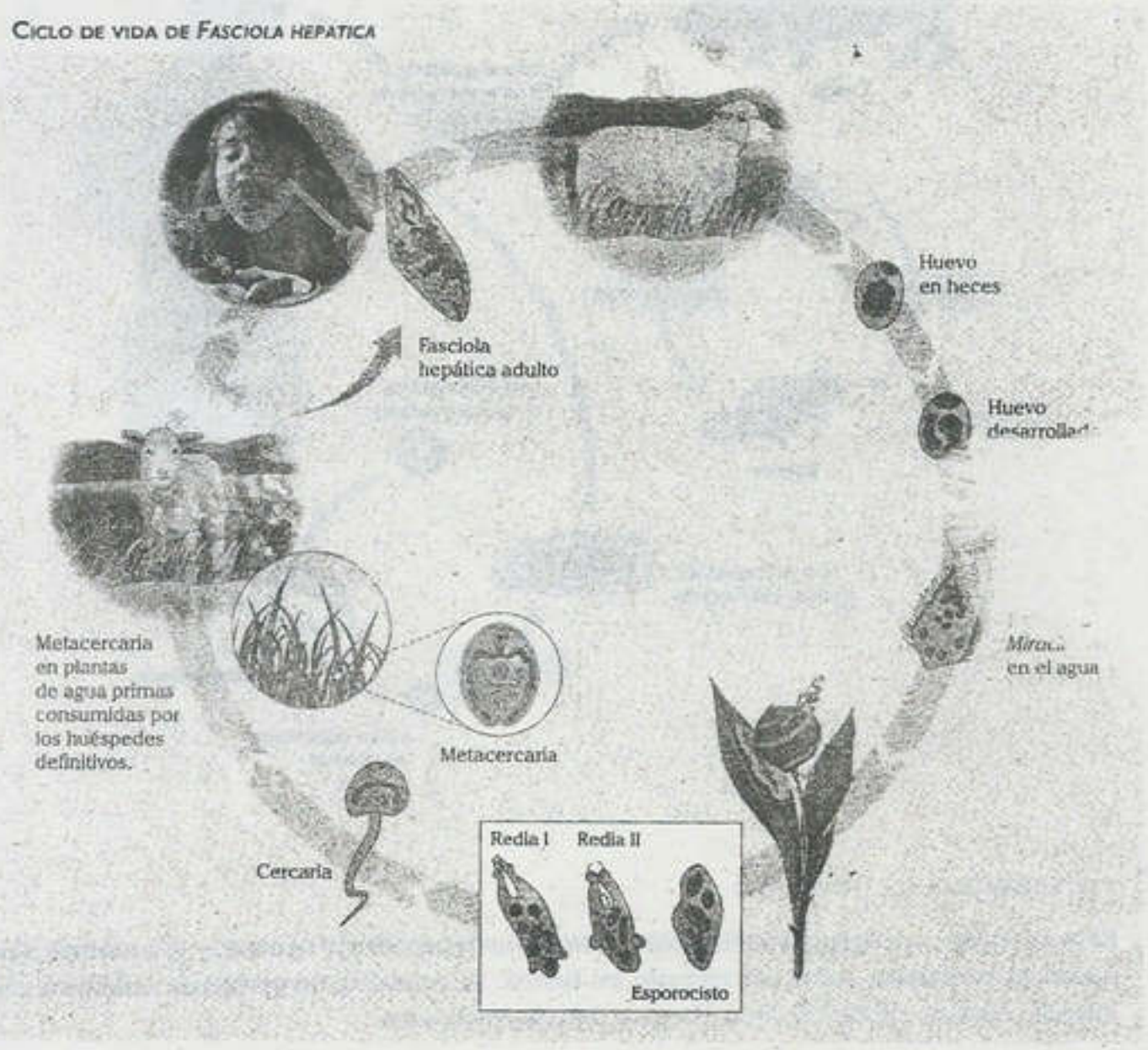
6.3. FASCIOLIASIS HEPÁTICA

Es ocasionada por el trematodo *Fasciola hepatica* (duela hepática) y se contrae al consumir plantas acuáticas infectadas, como por ejemplo los berros. Se considera un problema endémico en los ganados (ovejas, cabras) de Perú, Uruguay, Bolivia, entre otros.

6.3.1. Ciclo de vida

Los parásitos adultos se localizan en el hígado (ser humano y rumiantes) donde producen huevos, los cuales serán expulsados al exterior. Al caer al agua, los huevos liberan una larva (miracidio) que invadirá un caracol (hospedero intermediario) donde se reproduce y forma esporoquistes, redias y cercarias, estas últimas abandonan el caracol y nadando buscan plantas de tallo corto en las que se enquistan, transformándose en metacercarias, las cuales al ser ingeridas producen infección.

Al inicio el paciente es asintomático, solo en ciertos casos hay fiebre y elevada eosinofilia. Si los parásitos llegan a los conductos biliares causan obstrucción dando origen a cólicos abdominales, ictericia, fiebre y hepatomegalia.



6.4. PARAGONIMIASIS (DISTOMATOSIS PULMONAR)

Es causada por el trematodo *Paragonimus westermani* (duela pulmonar) que se adquiere al ingerir cangrejos crudos infectados con metacercarias del gusano. Este gusano invade diversos órganos, principalmente los pulmones.

El parásito requiere dos hospederos intermediarios, un molusco (caracol) y un crustáceo de agua dulce, antes de instalarse en los hospederos definitivos, el humano y una amplia variedad de mamíferos silvestres y domésticos.

6.5. CISTICERCOSIS

Es causada por la larva de la tenia del cerdo *Taenia solium* (cisticerco), antes llamada *Cysticercus cellulosae*.

En la cisticercosis, el hombre es huésped intermediario. Se considera una enfermedad asociada a la pobreza en zonas donde se come cerdos y estos son criados de forma tradicional.

6.5.1. Modo de transmisión

Se adquiere al consumir huevos de *T. solium* procedentes de otro individuo parasitado. Ocasionalmente ocurre autoinfección debido a los malos hábitos higiénicos de la persona con teniasis o cuando los huevos de la tenia eclosionan dentro del mismo tubo digestivo.

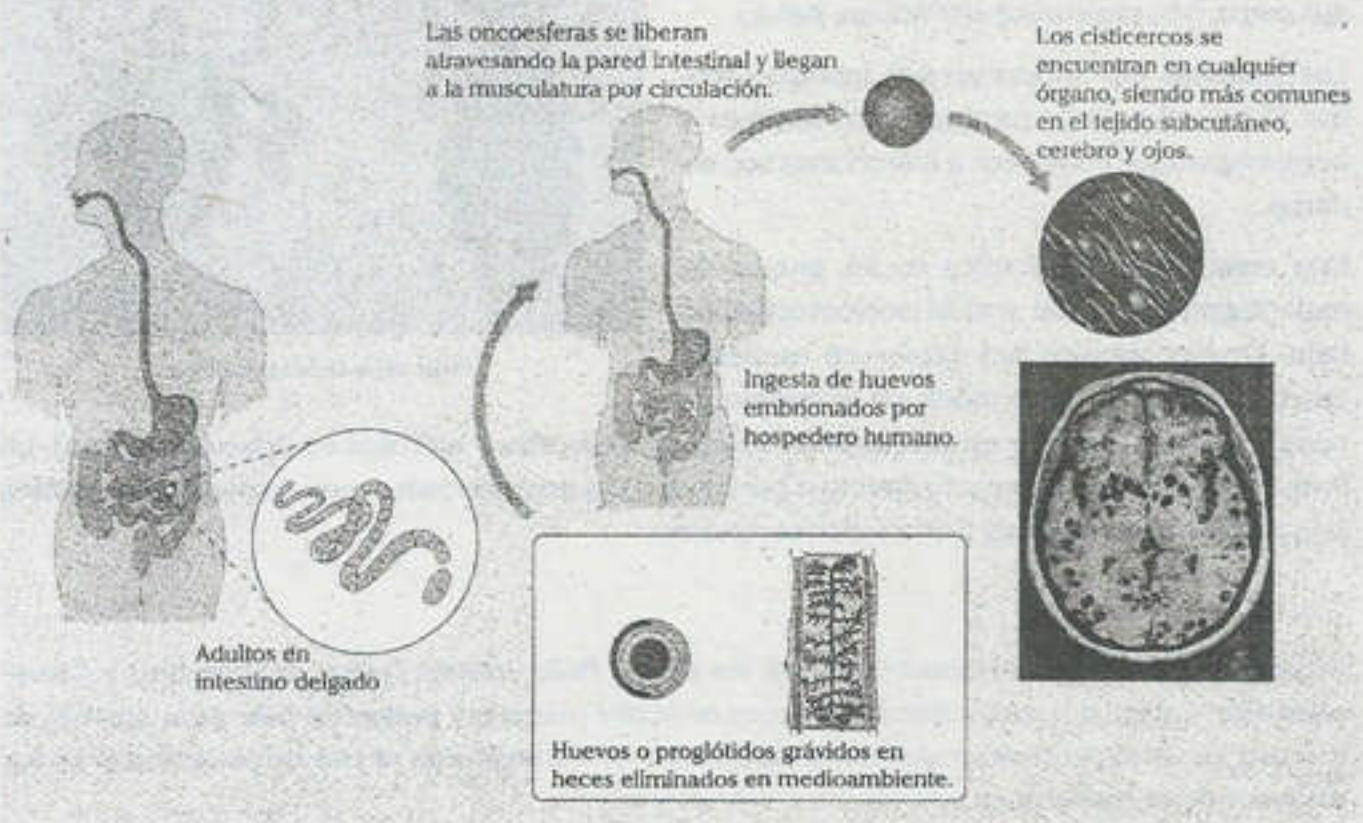
6.5.2. Ciclo de vida

Se inicia con la ingestión de huevos de *T. solium*. Estos huevos que contienen al embrión hexacanto (oncosfera) penetran la pared intestinal y entran al sistema circulatorio distribuyendose en diversas partes del organismo, donde crecen hasta constituir los cisticercos. La localización más común es el SNC, pero también invaden músculos y ojos. El compromiso en el sistema nervioso es el de mayor gravedad.

6.5.3. Sintomatología

Los síntomas más frecuentes son la epilepsia, cefalea, hipertensión intracraneana, meningitis, déficit motor, afección a los pares craneales, etcétera.

CICLO DE VIDA DE LA *TAENIA SOLIUM*

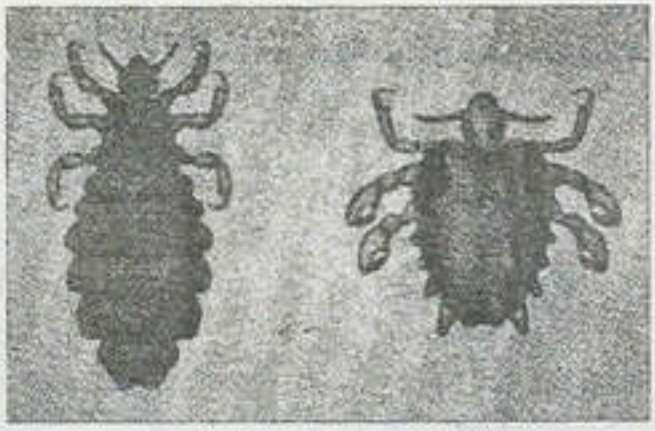


Es causada por la larva del cestodo *Echinococcus granulosus*. Estos parásitos requieren diferentes hospederos: perros, lobos y chacales (hospederos definitivos) y ovinos, bovinos y ser humano (hospederos intermediarios).

El hombre adquiere la infección generalmente durante la niñez al ingerir agua o alimentos contaminados con huevos del parásito, o por contacto directo con perros parasitados (dejarse lamer, darle besos). En el intestino delgado, los huevos ingeridos liberan embriones los cuales entran en la circulación y se distribuyen a diferentes órganos (hígado, pulmón, riñones, hueso, cerebro, entre otros).

Si se localizan en el hígado hay dolor, náuseas, vómitos o trastornos digestivos y cuando se ubican en el pulmón hay dolor, tos crónica, disnea, fiebre, hemoptisis u otros.

Es causada por el piojo de la cabeza (*Pediculus humanus capitis*), del cuerpo (*Pediculus humanus corporis*) y piojo púbico (*Phthirus pubis*).



Piojo de la cabeza y púbico

Los síntomas que producen son intenso escozor. El rascado puede producir excoriaciones y hemorragias que conducen a infecciones secundarias.

Esta enfermedad predomina en los grupos de mala higiene personal y nivel socioeconómico bajo. Ocasionalmente hay brotes en escuelas, guarderías, etc. La pediculosis en el cuerpo es común en vagabundos y en poblaciones hacinadas (cárceles y ejércitos en época de guerra). La transmisión se da por contacto directo o por ropas u objetos infectados, pero la pediculosis púbica se transmite generalmente por relaciones sexuales.

Ectoparasitismo temporal ocasionado por las pulgas *Pulex irritans* (pulga del hombre) y *Ctenocephalides* (pulga de perro y gato). Producen en la piel máculas y pequeñas petequias además de escozor. Generalmente no requieren tratamiento y se controla con el uso de insecticidas en los sitios donde se reproducen.

7.3. ESCABIOSIS (ACAROSIS, SARNA O ROSCA PASCAL)

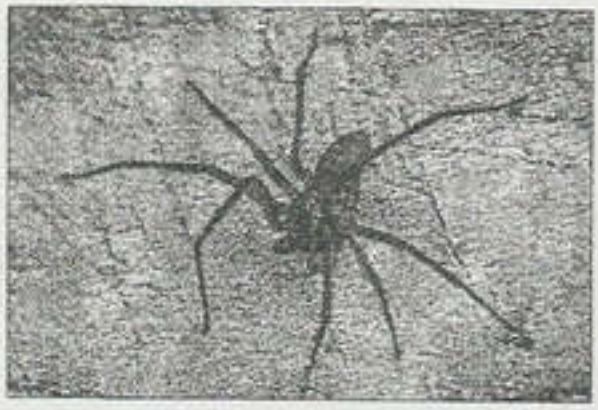
Causada por el ácaro *Sarcoptes scabiei*, ectoparasito de la capa córnea de la piel. El parásito realiza su ciclo de vida en el huésped humano en un plazo de tres semanas. La hembra una vez fecundado excava en la epidermis y forma túneles donde deposita sus huevos, de los cuales emergen las larvas que abandonan el túnel y salen a la superficie, siendo responsables ellos de la transmisión. Las lesiones que provocan en la piel son túneles y pápulas muy pruriginosas, en especial durante las noches. El rascado y el daño a la piel pueden conllevar infecciones secundarias. La enfermedad se transmite por contacto directo, comúnmente al dormir o sostener relaciones sexuales. Los más afectados son los niños y adultos jóvenes, en especial de bajas condiciones económicas y mala higiene personal.

8. ACCIDENTES CAUSADOS POR ANIMALES PONZOÑOSOS

Entre las especies ponzoñosas capaces de producir patologías en el hombre se encuentran las arañas, serpientes, escorpiones, etcétera.

8.1. ARACNIDISMO

Es el accidente causado por las arañas. La mayoría de las arañas no son agresivas, las de interés médico pertenecen a cuatro géneros: *Loxosceles*, *Phoneutria*, *Lactrodectus* y *Lycosa*.



Loxosceles laeta

El loxoscelismo es producido por el veneno de la araña *Loxosceles laeta* (araña casera). Viven en lugares calientes y secos como en residencias, edificios abandonados, rincones, cuevas, grietas de ladrillos, garajes, sótanos, muebles, detrás de armarios, cuadros de pared, fajas de cartón, ropas de cama, vestidos, toallas. Los accidentes ocurren dentro del domicilio cuando la persona duerme o se viste, siendo más frecuente en verano. Las manifestaciones del accidente son edema, eritema, dolor y después aparece una placa de gangrena. Algunas veces origina hemólisis, anemia, falla renal y puede llevar a la muerte. Para evitar las mordeduras se deben mantener las camas alejadas de la paredes, no colgar ropa en las paredes y sacudirla antes de usarla, además limpiar completamente las habitaciones y otros recintos.

El lactrodectismo es producido por el veneno de la araña *Lactrodectus mactans* (viuda negra o capulina). Este animal es predominantemente rural, siendo frecuente encontrarlos en los cultivos de trigo, lino, alfalfa y otros. En algunas ocasiones invade las letrinas, bodegas de pasto, etc. Los accidentes ocurren en verano y otoño durante el día y afectan generalmente a varones jóvenes. Las manifestaciones clínicas del lactrodectismo son dolor, temblores generalizados y rigidez de los músculos abdominales. Además ocasiona taquicardia, hipotensión e insuficiencia renal y a veces llega a producir la muerte. Para evitar las mordeduras se debe tener cuidado en la recolección y transporte de cosechas, además los trabajadores agrícolas deben usar zapatos y vestimenta adecuada.

8.2. OFIDISMO

Es el accidente causado por el veneno de las serpientes. La mordedura de serpientes (ofidismo) constituye un problema de salud desde la antigüedad. En el Perú constituye la primera causa de envenenamientos fatales por animales ponzoñosos, siendo cuatro especies las principales: *Bothrops atrox* (jergón) y *Lachesis muta* muta (shushupe) en la selva amazónica de la vertiente oriental y *Bothrops pictus* (jergón de la costa) y *Bothrops barnetti* (macanche) en las zonas desérticas de la vertiente occidental. La especie *B. atrox* es la responsable de cerca del 90% de los accidentes ofídicos.

La mordedura ocurre frecuentemente en miembros inferiores y manos. Los venenos de estas cuatros especies mencionadas producen marcados efectos locales en el sitio de la inyección, los cuales incluyen hemorragia, edema y necrosis. Además se observan efectos sistémicos entre los que destacan alteración de la coagulación sanguínea, hipotensión arterial, disfunción renal y muerte.

Referencias bibliográficas

BROOKS, Geo; CARROL, Karen; BUTEL, Janet; MORSE, Stephen y Timothy MIETZNER. *Microbiología médica de Jawetz, Melnick y Adelberg*. 19 edicion. México: Editorial El Manual Moderno, 2005.

BOTERO, David y Marcos RESTREPO. *Parasitosis humanas*. Quinta edición. Colombia: CIB, Corporación para investigaciones biológicas, 2012.

MURRAY, Patrick; ROSENTHAL, Ken y Michael PFALLER. *Microbiología médica*. Quinta edición, Madrid: Elsevier, 2006.

Parasitosis intestinal

La parasitosis intestinal es un grave problema de salud pública sobre todo en países subdesarrollados, donde estas infecciones encuentran alta prevalencia en distintos grupos, afectando principalmente a los niños. Según estudios realizado en países subdesarrollados de Sudamérica y Asia, la prevalencia en edad escolar y preescolar varía de 26,2% al 80,5%.

En el Perú, no se tienen cifras precisas de prevalencia intestinal a nivel nacional, pero se puede afirmar que la prevalencia es alta ya que diversos estudios realizados en departamentos de la sierra y selva peruana muestran prevalencias de enteroparásitos patógenos que varían entre 62,3% y 64%, además dichos estudios muestran que son las áreas rurales y la población pediátrica las que presentan mayor prevalencia. Está demostrado que existe una relación directa entre la prevalencia de parasitosis intestinal e inadecuadas condiciones sanitarias, como carencia de agua potable y drenaje o un sistema deficiente de recolección de basura. El Ministerio de Salud (Minsa), a través de la Dirección General de Epidemiología, reporta una prevalencia de *Ascaris lumbricoides* de 20,7%, de *Trichuris trichura* de 14,1%, de *Himenolepsis nana* de 11,5% y *Taenia sp.* 3,9% y de *E. vermicularis* de 27,8%.

Tener presente que la enteroparasitosis es catalogada como una de las infecciones de mayor importancia por sus efectos en la salud y desarrollo infantil, debido a que constituyen una de las principales causas de desnutrición y deficiente desarrollo físico y mental, siendo esta la población de mayor riesgo.

http://rpe.epiredperu.net/rpe_ediciones/2010_V14_N01/10CC_Vol14_No1_2010_Parasitosis_en_prescolares.pdf

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Aquellos animales que solo transportan patógenos y transmiten enfermedades se denominan

A) parásitos.
B) artrópodos.
C) vectores biológicos.
D) fómites.
E) vectores mecánicos.

Resolución

Los vectores son medios de transmisión de agentes infecciosos. Si solo lo transportan se llaman vectores mecánicos.

Clave: E

Pregunta 2

El síndrome de malabsorción intestinal es provocado por

A) *Plasmodium vivax.*
B) *Giardia lamblia.*
C) *Fasciola hepatica.*
D) *Sarcoptes scabiei.*
E) *Taenia solium.*

Resolución

El síndrome de malabsorción intestinal se caracteriza por la pérdida de la capacidad del intestino delgado para absorber nutrientes. Entre las causas más frecuentes se encuentra el parásito *Giardia lamblia.*

Clave: B

Pregunta 3

Señale la alternativa correcta respecto a la amebiasis.

A) Es causado por un protozoo ciliado.
B) Afecta el intestino grueso.
C) Se adquiere por vía cutánea.
D) El patógeno invade el intestino en etapa de quiste.
E) Es transmitido por la chirimacha.

Resolución

La amebiasis es ocasionada por el protozoo sarcodino *Entamoeba hystolitica* que se adquiere por vía oral. En su etapa de trofozoíto invade la mucosa del intestino grueso provocando úlceras.

Clave: B

Pregunta 4

El ciclo de Loos es realizado por

A) *Necator americanus.*
B) *Enterobius vermicularis.*
C) *Trichinella spiralis.*
D) *Taenia solium.*
E) *Trichuris trichuria.*

Resolución

El ciclo de Loos es el recorrido que realizan ciertas larvas de nematodos para madurar en el interior de su hospedero. Es realizado por el *Ascaris lumbricoides*, *Necator americanus* y *Ancylostoma duodenale*.

Clave: A

Pregunta 5

La enterobiasis es una enfermedad

A) frecuente en niños.
B) causada por un cestodo.
C) crónica.
D) endémica en el país.
E) de transmisión sexual.

Lumbreras Editores

Resolución

La enterobiasis es provocada por el nematodo parásito del intestino grueso conocido como oxiuro. Es muy frecuente en niños debido a los malos hábitos de higiene.

Clave: A

Pregunta 6

El hombre adquiere la teniasis al ingerir

A) cisticercos en la carne.
B) ooquistes del suelo.
C) huevos del parásito.
D) quistes del gusano.
E) proglótides del gusano.

Resolución

La teniasis es causado por los gusanos adultos del genero *Taenia*. Se contrae al consumir carne de cerdo o vaca cruda o mal cocida infectada con cisticercos.

Clave: A

Pregunta 7

En el país, el paludismo es una enfermedad

A) degenerativa.
B) carencial.
C) endémica.
D) hereditaria.
E) epidémica.

Resolución

El paludismo o malaria es una enfermedad infecciosa producida por un parásito de la sangre conocido como *Plasmodium*, que se transmite por el mosquito *Anopheles*. En nuestro país, es endémico en algunas zonas de la costa norte y la selva.

Clave: C

Pregunta 8

El mal de Chagas es transmitido por

A) zancudos.
B) titiras.
C) moscas tse tse.
D) chirimachas.
E) piojos.

Resolución

El mal de Chagas o tripanosomiasis americana es transmitido por insectos hematófagos conocidos como "chinches" o "chirimachas" de los géneros *Triatoma*, *Rodnius* y *Pastrongylus*.

Clave: D

Pregunta 9

La enfermedad del sueño africano es ocasionado por el protozoo

A) *Tripanosoma brucei*.
B) *Leishmania donovani*.
C) *Glossina*.
D) *Triatoma infestans*.
E) *Tripanosoma cruzi*.

Resolución

La enfermedad del sueño o tripanosomiasis africana es exclusiva del África tropical y subtropical. Es causado por el protozoo *Tripanosoma brucei* y transmitido por la picadura de la mosca tse-tsé (género *Glossina*).

Clave: A

Pregunta 10

La *Leishmania donovani* causa una infección crónica denominada

A) uta.
B) kala azar.
C) mal de Chagas.
D) toxoplasmosis.
E) espundia.

Lumbreras Editores

Resolución

La *Leishmania donovani* es un protozoo que causa la leishmaniosis visceral o kala azar.

Clave B

Pregunta 11

La filaria es un ..... que ocasiona la ..... .

A) platelminto-triquinosis
B) nematodo-malaria
C) cestodo-cisticercosis
D) nematodo-elefantiasis
E) trematodo-quiste hidatídico

Resolución

La filaria es un nematodo parásito que se transmite por mosquitos. Este gusano ocasiona la filariasis linfática conocida como elefantiasis.

Clave D

Pregunta 12

En el hombre, el cisticerco invade el

A) bazo.
B) sistema nervioso.
C) intestino delgado.
D) hígado.
E) pulmón.

Resolución

La cisticercosis es causada por la larva de la *Taenia solium* (cisticerco) la cual invade diversos órganos como músculos, SNC, ojos, corazón, siendo el compromiso nervioso el de mayor gravedad.

Clave B

Pregunta 13

Al acariciar un perro infectado podemos contraer

A) peste bubónica.
B) rabia.
C) teniasis.
D) hidatidosis.
E) cisticercosis.

Resolución

Entre los parásitos presentes en perros se encuentra la tenia *Echinococcus granulosus*. Cuando el hombre acaricia al perro o consume agua o alimentos contaminados con excretas de perros adquiere la hidatidosis.

Clave D

Pregunta 14

Las cucarachas transmiten muchas enfermedades, excepto la

A) espundia.
B) salmonelosis.
C) poliomielitis.
D) shigellosis.
E) amebiasis.

Resolución

Las cucarachas transmiten muchos parásitos entre ellos bacterias como *Shiguella* (shigelosis) y *Salmonella* (salmonelosis), huevos de helmintos, virus (como de la polio), protozoos como *Entamoeba histolytica* (amebiasis) y *Giardia* (giardiasis), etcétera.

Clave A

Pregunta 15

Al piojo púbico se le conoce como

A) triquina.
B) cisticerco.
C) quiste.
D) liendre.
E) ladilla.

Lumbreras Editores

Resolución
Los piojos son una orden de insectos ectoparásitos de aves y mamíferos. Existen tres tipos de piojos que se alimentan del ser humano: el piojo de la cabeza y cuerpo (*Pediculus humanus*) y piojo del pubis o ladilla (*Phthirus pubis*).

Pregunta 16

El ácaro causante de la sarna pertenece al grupo

A) arácnido.
B) cestodo.
C) trematodo.
D) crustáceo.
E) insecta.

Resolución
Entre los artrópodos arácnidos de importancia médica se encuentran las arañas, los escorpiones, los ácaros y las garrapatas.

Pregunta 17

El aracnidismo es provocado por el veneno de

A) *Apis mellifera.*
B) *Lactrodectus mactans.*
C) *Xenospylla cheopis.*
D) *Bothrops atrox.*
E) *Sarcoptes scabiei.*

Resolución
El aracnidismo es el cuadro tóxico producido por el veneno de las arañas. La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera cuatro géneros de arañas de verdadero interés médico: *Phoneutria*, *Loxosceles*, *Lactrodectus* y *Lycosa*.

Pregunta 18

En la(el) ..... el hombre es hospedero intermediario.

A) cisticercosis
B) teniasis
C) paludismo
D) loxoscelismo
E) fasciolasis

Resolución
El hospedero intermediario es el hospedador donde se aloja alguna o todas las formas larvarias o juveniles del parásito. El hombre lo es en enfermedades como triquinosis, cisticercosis e hidatidosis.

Pregunta 19

La ..... y ..... son ocasionadas por protozoos.

A) teniasis - leishmaniosis
B) balantidiasis - triquinosis
C) malaria - giardiasis
D) teniasis - fasciolasis
E) filariasis - ofidismo

Resolución
Los parásitos del ser humano incluyen protozoo, helmintos, artrópodos, etc. Los protozoos causan enfermedades como amebiosis, giardiasis, malaria, mal de Chagas, leishmaniosis, trichomoniasis.

Pregunta 20

Nematodo que se aloja en el intestino delgado.

A) oxiuro
B) tenia solitaria
C) duela
D) lombriz intestinal
E) cisticerco

Lumbreras Editores

Resolución

Los nematodos que se alojan en el intestino del ser humano son la lombriz intestinal y la triquina.

Pregunta 21

Señale la parasitosis causada por gusanos cilíndricos.

A) triquinosis
B) paragonimiasis
C) teniasis
D) cisticercosis
E) uta

Resolución

Los nematodos o gusanos cilíndricos provocan enfermedades como ascariasis, oxiuriasis, triquinosis.

Pregunta 22

Señale un artrópodo parásito del hombre.

A) *Periplaneta americana*
B) *Aedes aegypti*
C) *Sarcoptes scabiei*
D) *Musca domestica*
E) *Drosophila melanogaster*

Resolución

Los artrópodos son animales que pueden afectar la salud humana de diversas maneras. Algunos son vectores mecánicos como la *Periplaneta americana* (cucaracha) y *Musca domestica* (mosca común), otros son vectores biológicos como *Aedes agypti* y otros son verdaderos parásitos como el ácaro de la sarna (*Sarcoptes scabiei*).

Pregunta 23

Marque la secuencia correcta.

I. *Ascaris lumbricoides*
II. *Trichinella spiralis*
III. *Paragonimus westermani*
IV. *Enterobius vermicularis*

a. triquina
b. oxiuro
c. duela pulmonar
d. lombriz intestinal

A) Ic, IId, IIIa, IVb
B) Id, IIa, IIIc, IVb
C) Ib, IId, IIIa, IVc
D) Id, IIa, IIIb, IVc
E) Id, IIb, IIIa, IVc

Resolución

El hombre es afectado por diferentes parásitos como *Ascaris lumbricoides* (lombriz intestinal), *Trichinella spiralis* (triquina), *Paragonimus westermani* (duela pulmonar) y *Enterobius vermicularis* (oxiuro).

Pregunta 24

Señale una medida profiláctica en la amebiasis y oxiuriasis.

A) Eliminación de vectores biológicos
B) Vacunación de perros
C) Bañarse frecuentemente
D) Adecuada disposición de las excretas
E) Evitar consumir pescado crudo.

Resolución

La parasitosis contraída por vía feco-oral, como la amebiosis y oxiuriasis, puede prevenirse de varias formas: buena higiene personal (lavado de manos) y saneamiento ambiental (adecuada eliminación de excretas y ebullición del agua), etcétera.

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Al animal que aloja a un parásito en su estado adulto se denomina

A) vector mecánico.
B) vector biológico.
C) hospedero definitivo.
D) reservorio.
E) huésped intermediario.

2. La forma infectante de la *Entamoeba histolytica* es

A) el trofozoíto.
B) la espora.
C) el quiste.
D) el esporozoíto.
E) la larva.

3. La giardiasis afecta principalmente el

A) hígado.
B) intestino grueso.
C) intestino delgado.
D) cerebro.
E) corazon.

4. Indique el único protozoo ciliado que afecta al ser humano.

A) *Balantidium coli*
B) *Entamoeba coli*
C) *Leishmania braziliensis*
D) *Plasmodium vivax*
E) *Trypanosoma cruzi*

5. El agente causal de la enterobiasis es un

A) trematodo.
B) protozoo.
C) helminto.
D) cestodo.
E) artrópodo.

6. Las personas infectadas con ..... presentan un fuerte escozor anal generalmente durante las noches.

A) pediculosis
B) ascariosis
C) sarna
D) oxiuriasis
E) teniasis

7. Señale una característica de la ascariasis.

A) Se contraen por vía cutánea.
B) Realizan el ciclo de Loos.
C) Es causado por un platelminto.
D) Afectan los músculos.
E) Es frecuente en adultos.

8. El tricocéfalo adulto se localiza en el ..... del ser humano.

A) colon
B) hígado
C) cerebro
D) intestino delgado
E) músculo

9. La teniasis es provocada por un

A) trematodo.
B) cestodo.
C) nematodo.
D) artrópodo.
E) protozoo.

Lumbreras Editores

10. La difilobotriasis se adquiere al consumir

A) pescado mal cocido.
B) berros.
C) carne de cerdo.
D) carne de vaca.
E) frutas.

11. En el paludismo, el patógeno y el vector son ..... respectivamente.

A) *Triatoma infestans* y *Plasmodium vivax*
B) *Leishmania* y *Phlebotomus*
C) *Plasmodium falciparum* y *Anopheles*
D) *Wuchereria bancrofti* y *Aedes*
E) *Fasciola hepática* y *Helix*

12. Durante ..... el protozoo va destruyendo progresivamente los glóbulos rojos.

A) la amebiosis
B) la toxoplasmosis
C) la bartolenosis
D) la malaria
E) el dengue

13. Señale la alternativa correcta con respecto al mal de Chagas.

A) Es causado por un artrópodo.
B) Es una enfermedad crónica.
C) Se transmite por vectores mecánicos.
D) Es epidémica.
E) Es aguda.

14. La uta es provocada por el protozoo del género

A) *Triatoma*.
B) *Leishmania*.
C) *Phlebotomus*.
D) *Trypanosoma*.
E) *Trichomonas*.

15. La leishmaniosis mucocutánea es transmitida por

A) el mosquito *Anopheles*.
B) el mosquito *Aedes*.
C) un helminto.
D) un vector biológico.
E) un arácnido.

16. La toxoplasmosis es una zoonosis ocasionada por

A) helminto.
B) artrópodo.
C) felino.
D) hongo.
E) protozoo.

17. La tricomoniasis urogenital se transmite por

A) vectores.
B) vía sanguínea.
C) contacto directo.
D) alimentos.
E) mordedura de animales.

18. La *Wuchereria bancrofti* es un gusano que afecta el ..... del hombre.

A) músculo
B) sistema nervioso
C) aparato digestivo
D) ganglio nervioso
E) sistema linfático

19. Los hospederos intermediarios de la triquinosis son

A) solo los cerdos.
B) los rumiantes.
C) la vaca y el hombre.
D) el cerdo y el hombre.
E) el cerdo y la vaca.

Lumbreras Editores

20. En la fasciolasis hepática, los hospederos intermediario y definitivo son, respectivamente,

A) oveja y caracol.
B) hombre y pescado.
C) caracol y cabra.
D) cerdo y ser humano.
E) mosquito y hombre.

21. En la paragonimiasis, los gusanos adultos se alojan principalmente en ..... del ser humano.

A) el hígado
B) el cerebro
C) los pulmones
D) los músculos
E) el esófago

22. La larva del ..... ocasiona la hidatidosis.

A) *Trichinella spiralis*
B) *Taenia solium*
C) *Paragonimus westermani*
D) *Echinococcus granulosus*
E) *Wuchereria bancrofti*

23. Señale un vector biológico.

A) cucaracha
B) mosca tse tsé
C) ácaro de la piel
D) araña viuda negra
E) mosca doméstica

24. El *Sarcoptes scabiei* se transmite por

A) consumir agua.
B) vía oral.
C) ingestión de pescado.
D) contacto directo.
E) consumo de berros.

25. En el Perú, la serpiente que causa el mayor porcentaje de accidentes es

A) la cascabel.
B) el jergón.
C) la mamba verde.
D) la cobra.
E) la anaconda.

26. El hombre es huésped intermediario en la

A) hidatidosis.
B) teniasis.
C) malaria.
D) fasciolasis.
E) enterobiasis.

27. Relacione correctamente la enfermedad con el parásito.

I. quiste hidatídico
II. paragonimiasis
III. balantidiasis
IV. cisticercosis

a. larva de la tenia del cerdo
b. protozoo ciliado
c. duela pulmonar
d. larva de la tenia del perro

A) Ia-IIb-IIId-IVc
B) Id-IIc-IIIa-IVb
C) Ic-IIa-IIIb-IVd
D) Id-IIb-IIIc-IVa
E) Id-IIc-IIIb-IVa

28. Indique un helminto parásito.

A) *Entamoeba coli*
B) *Fasciola hepatica*
C) *Plasmodium vivax*
D) *Aedes aegypti*
E) *Lactrodectus mactans*

Lumbreras Editores

29. Señale la parasitosis causada por platelmintos.

A) ascariasis
B) triquinosis
C) teniasis
D) trichomoniasis
E) amebiasis

30. Parasitosis tisular ocasionada por helmintos.

A) hidatidosis
B) mal de Chagas
C) toxoplasmosis
D) tricocefalosis
E) oxiuriasis

31. Marque la relación correcta entre enfermedad y vector.

A) paludismo-piojo
B) uta-titira
C) mal de Chagas-mosca tse tsé
D) toxoplasmosis-chirimacha
E) filaria-cucaracha

32. Las enfermedades que se previenen con una buena higiene son

A) oxiuriasis y paludismo.
B) tripanosomiasis y leishmaniasis.
C) amebiasis y uta.
D) ascariasis y giardiasis.
E) triquinosis y ofidismo.

Lumbreras Editores

CLAVES

Preguntas propuestas

CAPÍTULO I

1 B	5 B	9 A	13 C	17 C	21 C
2 D	6 C	10 D	14 A	18 B	22 C
3 B	7 A	11 C	15 D	19 C	
4 D	8 C	12 B	16 B	20 A	

CAPÍTULO II

1 D	4 A	7 D	10 B	13 B	16 D
2 B	5 A	8 B	11 A	14 B	
3 D	6 D	9 E	12 D	15 B	

CAPÍTULO III

1 D	4 A	7 B	10 A	13 B	16 A
2 A	5 E	8 C	11 E	14 A	
3 B	6 A	9 C	12 A	15 A	

CAPÍTULO IV

1 A	3 D	5 B	7 A	9 D	11 C
2 C	4 C	6 E	8 B	10 D	12 B

CAPÍTULO V

1 B	4 B	7 B	10 D	13 A	16 B
2 C	5 D	8 C	11 B	14 B	
3 D	6 C	9 D	12 A	15 B	

CAPÍTULO VI

1 D	5 D	9 D	13 B	17 B	21 D
2 C	6 D	10 C	14 C	18 B	22 C
3 C	7 C	11 D	15 A	19 C	23 B
4 D	8 A	12 C	16 A	20 D	24 A

CAPÍTULO VII

1 B	5 A	9 B	13 C	17 B	21 A
2 D	6 D	10 A	14 D	18 A	22 B
3 D	7 B	11 D	15 D	19 B	23 D
4 C	8 B	12 D	16 C	20 E	24 D

CAPÍTULO VIII

1 A	4 D	7 B	10 D	13 B
2 C	5 E	8 D	11 D	14 B
3 B	6 B	9 D	12 B	15 C

CAPÍTULO IX

1 D	5 A	9 D	13 E	17 B	21 D
2 A	6 D	10 C	14 C	18 B	22 D
3 C	7 A	11 D	15 D	19 D	23 A
4 C	8 A	12 B	16 A	20 B	24 D

CAPÍTULO X

1 A	5 D	9 C	13 C	17 D	21 C
2 A	6 A	10 D	14 A	18 D	22 C
3 A	7 D	11 B	15 D	19 B	23 D
4 B	8 C	12 A	16 C	20 A	24 C

CAPÍTULO XI

1 C	5 D	9 C	13 B	17 D	21 D	25 D
2 B	6 C	10 B	14 C	18 D	22 A	
3 C	7 D	11 A	15 D	19 B	23 B	
4 A	8 E	12 D	16 B	20 C	24 D	

CAPÍTULO XII

1 D	5 A	9 B	13 D	17 D	21 A
2 A	6 D	10 B	14 C	18 D	22 D
3 D	7 B	11 D	15 C	19 D	23 C
4 D	8 B	12 C	16 B	20 A	24 B

CAPÍTULO XIII

1 D	5 A	9 D	13 C	17 D	21 C
2 D	6 B	10 B	14 C	18 D	22 A
3 B	7 D	11 D	15 B	19 C	23 D
4 D	8 E	12 C	16 D	20 A	24 C

CAPÍTULO XIV

1 C	5 D	9 C	13 D	17 C	21 C
2 D	6 A	10 B	14 B	18 B	22 C
3 C	7 A	11 B	15 D	19 C	23 B
4 A	8 B	12 A	16 D	20 D	24 C

CAPÍTULO XV

1 A	4 C	7 C	10 D	13 D	16 C	19 C
2 B	5 D	8 D	11 B	14 C	17 B	20 C
3 B	6 D	9 C	12 C	15 A	18 C	

CAPÍTULO XVI

1 C	5 B	9 B	13 D	17 B	21 D
2 D	6 C	10 C	14 C	18 A	22 C
3 A	7 D	11 A	15 A	19 A	23 A
4 B	8 A	12 C	16 B	20 C	24 A

CLAVES

Preguntas propuestas

CAPÍTULO XVII

1	5	9	13	17	21
2	6	10	14	18	22
3	7	11	15	19	23
4	8	12	16	20	24

CAPÍTULO XVIII

1	5	9	13	17	21
2	6	10	14	18	22
3	7	11	15	19	23
4	8	12	16	20	24

CAPÍTULO XIX

1	5	9	13	17	21
2	6	10	14	18	22
3	7	11	15	19	23
4	8	12	16	20	24

CAPÍTULO XX

1	7	13	19	25	31
2	8	14	20	26	32
3	9	15	21	27	
4	10	16	22	28	
5	11	17	23	29	
6	12	18	24	30	

CAPÍTULO XXI

1	5	9	13	17	21
2	6	10	14	18	22
3	7	11	15	19	23
4	8	12	16	20	24

CAPÍTULO XXII

1	4	7	10	13
2	5	8	11	14
3	6	9	12	

CAPÍTULO XXIII

1	5	9	13	17	21
2	6	10	14	18	22
3	7	11	15	19	23
4	8	12	16	20	24

CAPÍTULO XXIV

1	5	9	13	17	21
2	6	10	14	18	22
3	7	11	15	19	23
4	8	12	16	20	24

CAPÍTULO XXV

1	5	9	13	17	21
2	6	10	14	18	22
3	7	11	15	19	23
4	8	12	16	20	24

CAPÍTULO XXVI

1	5	9	13	17	21
2	6	10	14	18	22
3	7	11	15	19	23
4	8	12	16	20	24

CAPÍTULO XXVII

1	5	9	13	17	21
2	6	10	14	18	22
3	7	11	15	19	23
4	8	12	16	20	24

CAPÍTULO XXVIII

1	5	9	13	17	21
2	6	10	14	18	22
3	7	11	15	19	23
4	8	12	16	20	24

CAPÍTULO XXIX

1	4	7	10	13	16
2	5	8	11	14	
3	6	9	12	15	

CAPÍTULO XXX

1	7	13	19	25	31
2	8	14	20	26	32
3	9	15	21	27	
4	10	16	22	28	
5	11	17	23	29	
6	12	18	24	30	

Glosario

A

Aboral. Región de un animal opuesta a la boca.

Abscisión. Proceso del desarrollo mediante el cual se desprenden de las plantas órganos como las hojas, las flores, los frutos o las ramas. Caída de las flores, hojas o frutos o cualquier parte del vegetal. Normalmente tiene lugar después de la formación de la zona de abscisión.

Absorción. Paso de agua y de sustancias en ella disueltas al interior de una célula o de un organismo. Paso de los elementos nutritivos, del intestino al torrente sanguíneo.

Acelomado. Que no presenta cavidad llena de líquidos entre el intestino y la pared del cuerpo.

Acidorresistente. Describe a un organismo que resiste la decoloración con ácido después de la tinción.

Acidosis. Aumento en la acidez de los líquidos corporales.

Ácido abscísico (ABA). Hormona vegetal que provoca el letargo o dormancia de las yemas, mantiene el letargo de las semillas, está implicada en el gravitropismo de las raíces y provoca el cierre de los estomas, inhibe el crecimiento y participa en las respuestas de la planta frente al estrés ambiental, entre otros efectos.

Ácido Indolacético (AIA). Auxina de origen natural, es una fitohormona responsable de la dominancia apical y fenómenos de tropismos, entre otros.

Ácido jasmónico. Aislado de aceites esenciales de la flor del jazmín. Es una fitohormona que promueve la senescencia, abscisión, tuberización, enrollamiento de zarcillos e inhibe la germinación de las semillas, la fotosíntesis y la biosíntesis de RuBisCo.

Acineto o aquineto. Espora inmóvil, generalmente ovoide, formada de una célula vegetativa por engrosamiento de sus membranas, con abundante gránulos de cianoficina como material de reserva, como sucede en *Gleotrichia*.

Acolia. Falta de coloración normal de las heces. Se debe a la falta de pigmentos como la estercobilina.

Acrópeto. Se dice del órgano que se desarrolla desde la base hacia el ápice. Transporte polarizado desde la base hacia el ápice o cima de un órgano.

Adenopatías. Enfermedades que afectan a los ganglios linfáticos, causando el crecimiento del ganglio.

Aerénquima. Tejido parenquimático que contiene espacios intercelulares.

Aflatoxinas. Productos fúngicos que dañan el hígado y producen cáncer.

Agar. Ficocoloide no nitrogenado, seco, anhidro, gelatinoso. Se obtiene de muchas algas rojas como *Gelidium* y *Gracilaria*.

Agente etiológico. Organismo biológico (virus, bacteria, hongo o parásito) capaz de producir enfermedad ya sea en forma directa o a través de sus toxinas.

Aines. Siglas de antinflamatorio no esteroideo; grupo de fármacos utilizados para disminuir la respuesta inflamatoria, bloqueando la síntesis de prostaglandinas.

Alantoides. Una de las cuatro membranas extraembrionarias que se forman durante el desarrollo de los reptiles, las aves y los mamíferos. Esta membrana acumula el material de desecho del metabolismo embrionario.

Aldosterona. Una hormona producida por la corteza suprarrenal, que afecta la concentración de iones en la sangre; estimula la reabsorción de sodio y la excreción de potasio por el riñón.

Alergia. Estado de hipersensibilidad inducido por la exposición a un antígeno específico (alérgeno) con el resultado de reacciones inmunes dañinas en exposiciones posteriores.

Aleurona (gránulos de). Características estructuras proteicas presentes en la capa de células exterior del endosperma de las semillas llamadas endospérmicas (aquellas que no pierden el endospermo, durante su formación) de numerosas especies. En el endosperma de muchas semillas estas estructuras se encuentran en la capa más exterior, por ello se le llama "capa de aleurona".

Algina. Ficocoloide orgánico complejo, obtenido de las algas pardas grandes como *Macrocystis*, componente importante de la pared celular de ellas.

Alimentación. Serie de actos voluntarios y conscientes, que consisten en la elección, preparación e ingestión de alimentos.

Almidón cianoficeo. Material de reserva de las cianobacterias, semejante al almidón de florideas de las algas rojas.

Alotrasplante. Trasplante entre dos miembros genéticamente diferentes de la misma especie.

Lumbreras Editores

Alternancia de generaciones. Sistema de reproducción en el que a una fase o generación haploide (gametofito) le sucede otra diploide (esporofito).

Alveolo. Es la estructura del pulmón de los mamíferos que participa en el intercambio gaseoso respiratorio.

Amigdalectomía. Extirpación de las amígdalas.

Amnios. Membrana extraembrionaria; capa limitante del saco lleno de líquido en el cual se desarrollan ciertos embriones de tetrápodos.

Anaerobio. Microorganismo que se multiplica solo en ausencia de oxígeno.

Anafilaxia. Reacción de hipersensibilidad inmediata en la que la exposición de un individuo a un antígeno, tiene como resultado estrés respiratorio con riesgo para la vida, seguido de colapso vascular y *shock*.

Anastomosado. Unido por conexiones transversales.

Angiospermas. Planta con flores cuyas semillas están contenidas en ovarios que, cuando maduran, se convierten en frutos.

Animal. Organismo eucarionte pluricelular de nutrición heterótrofa ingestiva (holozoica).

Anteridio. Gametangio masculino de un briofito, helecho u otra planta no productora de semillas. Contiene los espermatozoides producidos por la mitosis.

Antibiótico. Sustancia química capaz de impedir el desarrollo de ciertos microorganismos patógenos o de causar su muerte.

Anticuerpos. Llamados también inmunoglobulinas pertenecen al grupo de las glicoproteínas y son producidas por los linfocitos B del sistema inmunitario para identificar y neutralizar elementos antigénicos como bacterias, virus, hongos y parásitos.

Antígeno. Es una sustancia que induce la formación de anticuerpos, debido a que el sistema inmune la reconoce como una amenaza. La sustancia puede ser extraña proveniente del medio externo (microorganismo) o formada dentro del cuerpo (como toxinas virales o bacterianas).

Antiséptico. Agente químico que inhibe o destruye microorganismos patógenos.

Antófitos. Plantas que presentan flores, donde se encuentran los órganos reproductores. Se corresponden con los grupos de las gimnospermas y las angiospermas.

Aparato estomático. Estoma y células anexas asociadas que pueden estar relacionadas ontogenéticamente o fisiológicamente con las células oclusivas.

Apomixis. Algunas células del saco embrionario forman embriones sin fecundación, se da en los cítricos (*Citrus sp.*) y gramíneas (*Poa pratensis*).

Apoptosis. Mecanismo de autodestrucción celular por fragmentación del ADN por acción de endonucleasas activadas por enzimas caspasas, las cuales son activadas por factores extra e intracelulares.

Apotecio. Estructura reproductiva de un ascomiceto en forma de disco o cabezuela.

Árbol filogenético. Esquema que representa los grados de parentesco evolutivo entre diferentes taxones con indicación de antecesores, duración de líneas evolutivas o cantidad de cambio evolutivo.

Arquea. Uno de los dos dominios procarióticos; comprenden a las arqueobacterias.

Arquegonio. Estructura pluricelular formada a partir de la meiosis en el óvulo de las gimnospermas donde se encuentra la ovocélula.

Artroconidios (artrosporas). Conidios resultantes de la fragmentación de células hifales (por ejemplo *Coccidioides immitis*).

Artromialgia. Dolor en las articulaciones y músculos.

Asa de Henle. Porción en forma de horquilla de la nefrona, relacionada a la formación de orina hipertónica por procesos de difusión y transporte activo.

Astenia. Debilidad general del cuerpo.

Autoinmunidad. Estado inmunitario que se caracteriza por la pérdida de la tolerancia a lo propio.

Autótrofo. Organismo con capacidad para sintetizar materia orgánica que utiliza como su nutriente.

Axial. Relativo al eje o al tronco, en el eje o a lo largo de él.

B

Bacilo. Bacteria que tiene forma de bastoncillo.

Bactericida. Sustancia química que genera la muerte de las bacterias.

Bacteriófago. Virus que infecta a las bacterias y favorece la transducción.

Bacteriostático. Que inhibe el crecimiento bacteriano sin matar a la bacteria.

Basípeto. Que se desarrolla hacia la base. Transporte polarizado desde el ápice hacia la base de un órgano.

Biopsia. Es un procedimiento diagnóstico que consiste en la extracción de una muestra total o parcial de tejido para ser examinada e interpretada por el patólogo con ayuda de un microscopio.

Bipartición. Mecanismo de reproducción asexual que origina a dos bacterias idénticas.

Bolsa de Fabricio. Órgano linfoide primario situado en el intestino posterior localizado en asociación con la cloaca de las aves y ausente en mamíferos que controla la ontogenia de los linfocitos B. En los mamíferos este proceso se realiza en la médula ósea.

Braquiesclereida. Esclereida corta, que se asemeja a una célula parenquimática por su forma.

Brote. Una epidemia localizada o un aumento localizado en la incidencia de una enfermedad en una localidad, pueblo o una institución cerrada.

Buche. Dilatación del esófago que favorece el almacén temporal del alimento.

Bulbo. Tallo corto y erecto, subterráneo, rodeado de hojas denominadas túnicas. Las más externas le sirven de protección y las más internas pueden ser carnosas y almacenar sustancias de reserva (cebolla), o secas y papiráceas (ajo).

C

Cadena epidemiológica. Secuencia a través de la cual se produce la transmisión de la infección. Comprende al agente etiológico, el reservorio, el lugar de salida, el mecanismo de transmisión, el lugar de entrada y el huésped susceptible.

Caliptra (Parte de la raíz). Es la protección con la que terminan las raíces. Sirve para que las raíces puedan perforar el suelo. Actúa como una especie de taladro natural.

Cámbium vascular. En las plantas leñosas, capa de tejido meristemático entre el xilema y el floema, cuyas células se dividen por mitosis produciendo floema secundario hacia fuera y xilema secundario hacia adentro.

Carbón. Enfermedad vegetal con aspecto negro y pulverulento. Causada por *Ustilago*.

Cariogamia. Fusión de dos núcleos en los extremos de las hifas. Esto genera un núcleo diploide (2n).

Carotenoide. Biomolécula cromófora (pigmento) de cuarenta átomos de carbono (C40) que tiene una estructura principal lineal con grupos metilo laterales cada cuatro carbonos y dobles enlaces alternados.

Carragenina. Ficocoloide semejante al agar, pero con ciertos caracteres diferentes. Se obtiene de *Chondrus* y otras *Gigartinales*.

Cavidad lisígena de secreción. Cavidad más o menos esférica formada por la autolisis de un conjunto de células que unen sus contenidos en una "gruesa" gota fuertemente ácida y rica en aceites esenciales.

Cápsula. Estructura presente en algunas bacterias y que es importante para protegerlas contra la fagocitosis e inhibe la quimiotaxis.

Cápsula de Bowman. En el riñón de los vertebrados, porción bulbosa del nefrón que rodea el glomérulo. En la filtración, que es el proceso inicial de la formación de orina, el plasma sanguíneo es obligado a pasar de los capilares glomerulares a la cápsula de Bowman.

Cefalea. Dolor de cabeza muy intenso.

Cefalización. Diferenciación de un extremo cefálico. Proceso por el cual se localizan ciertos apéndices y órganos de los sentidos en el extremo anterior de los animales.

Celoma. Cavidad general secundaria del cuerpo de los animales celomados.

Celomados. Animales que poseen una cavidad corporal derivada del mesodermo y tapizada.

Célula presentadora de antígenos (APC). Usualmente se refiere a células que expresan moléculas HLA clase II en su superficie, que pueden procesar y presentar antígenos a los linfocitos T colaboradores.

Células acompañantes. Células especializadas del floema que "vierten" azúcares en los elementos cribosos y ayudan a mantener la funcionalidad de la membrana plasmática de estos.

Células anexas de las células oclusivas. Son células que forman parte del aparato estomático. Su número y orientación respecto de las células oclusivas constituyen criterios de clasificación de los estomas. Colaboran en la apertura y cierre de los estomas exportando o importando iones K^+ a las células oclusivas.

Células anexas de los tubos cribosos. Son células asociadas a los tubos cribosos. Se ocupan de mantener vivo y funcional el citoplasma de los elementos cribosos del floema.

Células cribosas. Células conductoras del floema de las plantas vasculares.

Células flamígeras. Células colectoras ciliadas; es parte del aparato osmorregulador o protonefridios de los gusanos planos.

Células oclusivas. Par de células epidérmicas especializadas que bordean un poro o estoma; los cambios en la turgencia del par de células oclusivas provocan la apertura y el cierre del poro. También denominadas células de guarda.

Solucionario Biología

Celulosa. Polisacárido que forma la membrana de las células vegetales y que constituye la principal materia estructural de los vegetales.

Centroplasma. Región nucleoplasmática de las cianobacterias, se ubica en la zona central y contiene al material hereditario o ADN de la célula.

Cerebro. Es una parte del encéfalo de los animales vertebrados, siendo un componente del sistema nervioso rico en neuronas con funciones especializadas. En otros invertebrados, se denomina también al principal ganglio o conjunto de ganglios.

Chancro. Lesión o úlcera que se desarrolla en el sitio de una infección. Con mayor frecuencia se emplea para describir la lesión sifilítica primaria.

Cianoficina. Producto de asimilación de las cianobacterias, constituida por lipoproteínas, copolímeros de arginina y ácido aspártico.

Ciclina. Subunidad reguladora de unas proteínas quinasas que regulan el ciclo celular, asociadas a CDKs. Las de tipo G_1 controlan el paso de G_1 a S y las tipo M controlan el paso de G_2 a M.

Ciegos. Estructuras anatómicas diferenciadas del tubo digestivo que solo presentan una sola abertura.

Cigote. Célula huevo, producto de la fecundación o singamia. Al desarrollarse formará el embrión.

Cigoto. Óvulo fecundado. Célula diploide (2n) resultante de la fusión de un gameto masculino con uno femenino (ovocélula).

Cíngulo. En las diatomeas, la parte constituida por las dos bandas o pleuras conectivales superpuestas en partes.

Cisticerco. Larva de las tenias que consta de un saco lleno de fluido que contiene un escólex invaginado.

Cistocarpo. Cuerpo fructífero de las algas rojas; los carposporangios están provistos de una cubierta o pericarpo que adopta generalmente una forma esférica.

Citocinas. Proteínas producidas por las células en respuesta a una gran variedad de estímulos y que son capaces de alterar de alguna manera el comportamiento de otras células.

Cladograma. Diagrama representativo en la clasificación biológica taxonómica de los organismos, en el que se muestra la relación entre distintas especies según una característica derivada.

Climaterio. En la mayoría de los frutos, el comienzo de la maduración va acompañado por un incremento de la respiración, conocido como incremento climatérico, y una producción máxima (variable según la especie) de etileno, que preceden a su inmediata maduración. La respiración desciende de nuevo cuando termina la maduración. Los frutos que presentan este comportamiento se llaman climatéricos.

Cloaca. Cámara de salida del sistema digestivo en los reptiles y las aves; también puede ser la salida de los sistemas reproductor y urinario.

Clon. Células derivadas de la misma progenitora, y por tanto con igual constitución genética.

Coco. Bacteria que tiene forma esférica.

Coleorriza. Es la vaina que envuelve la radícula y la caliptra en embriones jóvenes.

Coleóptilo. Es una vaina cerrada que encierra la plúmula. Presenta, en el momento de la germinación, un orificio apical por donde saldrá la plúmula.

Colénquima. Uno de los tres principales grupos de células en las plantas; son alargadas y tienen paredes desigualmente engrosadas, casi de celulosa pura. Proporciona soporte y generalmente se lo encuentra en regiones en crecimiento. Se mantienen vivas en la madurez.

Comensal. Microorganismo de la flora normal que sostiene una relación simbiótica con el hospedero.

Complemento. Grupo de proteínas séricas involucradas en el control de la inflamación, activación de fagocitos y ataque lítico a membranas celulares.

Conducto colector. Componente distal del nefrón que determina la osmolaridad final de la orina debido a su capacidad de reabsorción final de agua, bajo control de la hormona antidiurética.

Conidios. Estructuras reproductivas asexuales producidas por la transformación de una levadura vegetativa o células hifales.

Conjugación. Transferencia de ADN de una bacteria a otra a través del *pili* sexual.

Convergencia biológica. Proceso donde dos estructuras similares han evolucionado independientemente a partir de estructuras ancestrales distintas y por procesos de desarrollo diferentes.

Corazón. Órgano de naturaleza muscular, común a todos los vertebrados y a muchos invertebrados, que actúa como impulsor de la sangre.

Corazón miogénico. Cuando son controlados por fibras musculares especializadas. Típico de moluscos y vertebrados.

Corazón neurogénico. Que está controlado directamente por el sistema nervioso. Característico de los invertebrados, exceptuando a los moluscos.

Corioretinitis. Inflamación de la coroides y retina.

Cormofito. Vegetal que presenta el cuerpo vegetativo organizado en raíz, tallo y hojas y en el que el alimento circula en forma de savia por los haces conductores. Presenta por tanto lo que se denomina "cormo".

Córtex. Región del tallo y de la raíz ubicada entre la epidermis y el cilindro vascular central, formado por tejidos fundamentales, parénquima, colénquima o esclerénquima.

Costilla. Hueso de la caja torácica.

Costra. Placa rugosa seca más o menos gruesa, de color marrón, rojo o negro, formado por sangre coagulada.

Cráneo. Caja ósea que contiene el encéfalo.

Cripta estomática. Depresión en la hoja, cuya epidermis lleva estomas.

Cristal violeta. Compuesto químico empleado como indicador de pH y colorante. En este último caso como parte de la coloración gram.

Cromatóforo. Estructura conde se encuentran los pigmentos, de forma, posición y número variable según los distintos tipos de algas.

Cromatoplasma. Es la región periférica y fotosintética de la cianobacteria. Está constituida de capas concéntricas como lamelas anastomosadas llamadas también tilacoides.

Cuarentena. Restricción de las actividades de personas o animales sanos que hayan estado expuestos a un caso de enfermedad transmisible durante el período de contagio (como los contactos), a fin de evitar la transmisión de la enfermedad durante el período de incubación en caso de que haya ocurrido la infección.

Cutícula. Cubierta del cuerpo. En las plantas forman una cubierta transparente constituida por ceras localizadas sobre las paredes celulares de la epidermis exterior. En los anélidos es una cubierta flexible y delgada. En los artrópodos es un exoesqueleto ligero endurecido con proteínas y quitina.

D

Deuterostomado. Organismo en cuya ontogenia primero forma el ano.

Diaforesis. Sudoración excesiva corporal.

Diafragma. Músculo estriado que separa la cavidad torácica (que aloja los pulmones, corazón, etc.) de la cavidad abdominal (que lleva los intestinos, estómago, hígado, etc.) y que participa como el principal músculo de la inspiración en los mamíferos.

Diálisis. Proceso de separación de moléculas pequeñas y grandes por la diferencia en sus velocidades de difusión a través de una membrana con permeabilidad selectiva.

Diapedesis. Paso de leucocitos a través de las paredes de capilares sanguíneos.

Diencéfalo. Es la parte del encéfalo situada entre el cerebro y el mesencéfalo (cerebro medio). Abultamiento del compartimiento mediano más anterior del tubo neural embrionario.

Difusión. Es un proceso físico irreversible, en el que partículas materiales se mueven de una zona de mayor concentración a otra de menor concentración.

Digestión. Rompimiento físico y químico de los alimentos ingeridos, para transformarlos en materia asimilable.

Diploblásticos. Animales que poseen dos hojas embrionarias: el ectodermo y el endodermo.

Diploide. Célula que tienen el número cromosómico par o doble, es decir, dos juegos de cromosomas, uno de origen paterno y otro de origen materno.

Disacáridasas (maltosa, sacarasa y lactosa). Degradan los disacáridos a monosacáridos.

Disnea. Falta de sensación de aire, dificultad en la respiración.

Disuria. Dificultad o dolor al orinar.

Diurético. Sustancia química que inhibe la reabsorción de sodio, reduce la concentración de hormona antidiurética y aumenta el volumen urinario mediante la inhibición de la reabsorción facultativa de agua.

E

Edema. Es la hinchazón blanda de una parte del cuerpo que se produce como consecuencia de la acumulación de líquido en los tejidos del cuerpo.

Efecto pleiotrópico. Fenómeno por el cual un solo gen es responsable de efectos fenotípicos o caracteres distintos y no relacionados.

Electroporación. Consiste en provocar un aumento significativo de la permeabilidad de la célula mediante un campo eléctrico aplicado externamente.

Elementos cribosos. Células tubulares, de paredes finas, que forman un sistema de tubos que se extiende desde las raíces a las hojas en el floema de las plantas; pierden su núcleo y orgánulos en la madurez, pero conservan una membrana plasmática funcional.

Limpresos Ediciones

Élitros. Alas modificadas que forman una estructura a manera de escudos para proteger alas internas.

Elongación. El crecimiento de las plantas se produce fundamentalmente a través del alargamiento o expansión celular.

Embriología. Ciencia que investiga el desarrollo embrionario.

Embrión. En los animales, cuerpo multicelular formado por medio de plegamientos, gastrulación o cualquier evento durante el desarrollo temprano. En las plantas, esporofito joven hasta el tiempo de la germinación.

Endemia. Presencia continua de una enfermedad o un agente infeccioso en una zona geográfica determinada. También puede denotar la prevalencia usual de una enfermedad particular en dicha zona.

Endometritis. Inflamación de la membrana de revestimiento del útero (endometrio).

Endospora. Estructura de resistencia formada por bacterias gram positivas en condiciones adversas.

Endotoxina. Componentes de la pared celular de las gram negativas que afectan al huésped.

Enfermedad metaxénica. Cuyos agentes causales cumplen su ciclo evolutivo en dos o más huéspedes de distintas especies. Principalmente, cuando interviene como huésped intermediario un invertebrado artrópodo.

Enteropeptidasa. Activa el traspinógeno a tripsina.

Entrenudo. En el tallo de los cormofitos, porción comprendida entre dos nudos consecutivos, la porción del mismo libre de hojas.

Envés. Cara inferior del limbo foliar.

Eosinofilia. Incremento del número de eosinofilos en la sangre.

Epicótilo. Tiene desarrollo precoz solo en plántulas de germinación hipógea, como la arveja y muchas monocotiledóneas, elevando la plúmula por encima de la superficie del suelo. En plantas de germinación epigea, el epicótilo tiene desarrollo tardío.

Epidemia. Manifestación de casos de una enfermedad (o un brote), en una comunidad o región, con una frecuencia que exceda netamente a la incidencia normal prevista.

Epidermis. Tejido protector de las partes jóvenes de la planta. Sus células suelen ser aplanadas y no dejan espacios intercelulares. La epidermis de las zonas aéreas de la planta segrega una capa orgánica exterior llamada cutícula. En las hojas suele presentarse una epidermis superior frecuentemente cutinizada y con escasos estomas y una epidermis inferior a menudo menos impermeable y con mayor densidad de estomas.

Epiglotis. Es una tapa de cartílago elástico que impide que los alimentos entren en la tráquea al deglutir el bolo alimenticio.

Episoma. ADN plasmídico incorporado en el cromosoma bacteriano.

Epitrocleares. Región anatómica ubicada en la parte superior de los codos.

Epizootia. Es el brote (epidemia) de una enfermedad en una población animal con la connotación que a menudo puede afectar también a la población humana.

Eritrocitos (glóbulos rojos o hematíes). Son los elementos formes cuantitativamente más numerosos de la sangre. La hemoglobina es uno de sus principales componentes y su objetivo es transportar el oxígeno hacia los diferentes tejidos del cuerpo.

Esclereida. Célula de esclerénquima, de forma variada, típicamente no muy alargada, y con paredes secundarias gruesas lignificadas.

Esclerénquima. Tipo de tejido de sostén con células de paredes celulares gruesas, frecuentemente lignificadas que en la madurez pueden estar vivas o muertas.

Escólex. Cabeza de una tenia. La presencia de ventosas y ganchos permite la fijación del mismo en la pared del intestino del huésped.

Escutelo. Es el cotiledón transformado en órgano absorbente, adosado al endosperma.

Espermacio. Gameto masculino, inmóvil e incoloro, no flagelado característico de las algas rojas.

Espermatozoide. Célula reproductora sexual masculina que porta flagelos, gameto masculino en briofitos y plantas vasculares sin semillas.

Espiración. Cuando el diafragma se relaja, adopta su posición normal, curvado hacia arriba; entonces los pulmones se contraen y el aire se expele.

Esplenomegalia. Crecimiento anormal del tamaño del bazo.

Espora. Estructura especializada con mayor capacidad de supervivencia por su resistencia a las condiciones adversas o por las características que promueven su propagación.

Esporofito. Fase diploide multicelular, la cual produce por meiosis esporas haploides (meiosporas), de cuyo desarrollo derivan individuos haploides llamados gametofitos.

Esporofítica. Generación que produce esporas, en las plantas con flores está representada por la planta verde originada de la semilla.

Esternón. Hueso que forma la parte delantera de la caja torácica.

Estigma. Es la abertura de las tráqueas de los insectos, a través de la cual se da la ventilación.

Estoma. Aberturas en la epidermis de las hojas y tallos rodeados de células oclusivas, intervienen en el intercambio gaseoso.

Estrés hídrico. Estrés debido a la falta de agua. Estrés oxidativo. Situación caracterizada por la acumulación de productos oxidativos de lípidos y proteínas, que se produce en las células cuando las defensas antioxidantes son insuficientes para hacer frente a las especies reactivas de oxígeno.

Estróbilo. Conjunto de proglótidos de una tenia.

Estuche mucilaginoso. También llamado vaina mucilaginosa. Es una secreción presente en todas las cianobacterias que rodean a los individuos unicelulares o coloniales y filamentosos, se la utiliza para facilitar el desplazamiento.

Esófago. Es un órgano muscular, que por medio de sus movimientos peristálticos favorece el desplazamiento del alimento hacia el estómago.

Etileno. Hidrocarburo simple que actúa como hormona vegetal en la maduración de los frutos, entre otros procesos fisiológicos.

Excoriación. Erosiones lineales derivados del rascado.

Excreción. Proceso mediante el cual se eliminan los desechos metabólicos del cuerpo de un organismo.

Exina. Pared externa del grano de polen, gruesa y a menudo con grabaduras o relieves de formas muy diversas, tales como surcos, alvéolos, verrugas, acículas, etcétera.

Exosporas. Espora exógena, formada al exterior de otra célula o de un aparato esporígeno, como encerrada en un esporangio.

Expansinas. Proteínas de la pared celular que causan su relajación en respuesta al pH ácido, al parecer por debilitar los enlaces de hidrógeno entre los polisacáridos de la pared.

Expectoración. Acto de expulsar secreciones provenientes del árbol traqueobronquial.

Exudado. Materia más o menos fluida, salida de los vasos pequeños y capilares por exudación en los procesos inflamatorios y que se deposita en los intersticios de los tejidos o en la cavidad de una serosa.

F

Fagocitosis. Es un tipo de endocitosis por el cual algunas células rodean con su membrana partículas sólidas y las introducen al interior celular.

Falange. Hueso que forma las garras.

Faringe. Se encuentra a continuación de la boca y se comunica con el esófago. Durante la deglución, la estructura llamada epiglotis cubre a la glotis, una abertura que comunica con el sistema respiratorio; de este modo se impide que el bolo entre en la tráquea.

Felógeno. Meristema lateral secundario que origina el súber hacia fuera y felodermis hacia adentro.

Fibra. Célula esclerenquimática alargada a menudo de extremos adelgazados con pared secundaria lignificada.

Ficocianina. Pigmento fotosensible de color azul, frecuente en cianobacterias.

Ficoeritrina. Pigmento fotosensible de color rojo, frecuente en algas rojas y cianobacterias.

Filamento. Talo o parte del talo de un alga de desarrollo lineal, compuesto generalmente por una sola fila de células. En las cianobacterias, se denomina filamento al tricoma envuelto por una vaina mucilaginosa.

Filogenia. Relaciones evolutivas entre las especies que se inician con una forma ancestral e incluyen ramificaciones que conducen a los descendientes.

Filopodio. Tipo de seudópodo muy fino que se puede ramificar pero no unir para formar una red.

Filtración. La primera etapa de la función renal; el plasma sanguíneo pasa, bajo presión, de los capilares glomerulares a la cápsula de Bowman, mediante el cual entra en el túbulo renal.

Fimbria. Apéndice proteínico presente en muchas bacterias, más delgado y corto que un flagelo.

Fisión binaria. Modo de reproducción asexual en la cual un animal se divide en dos individuos aproximadamente iguales.

Fisión múltiple. Modo de reproducción asexual en algunos protistas, en los que el núcleo se divide más de una vez antes de que se dé la citocinesis.

Fisión procariota. Forma de reproducción asexual que consiste en la división del ADN, seguida de la división del citoplasma (citocinesis), dando lugar a dos células hijas.

Flagelina. Proteína componente del flagelo de las bacterias.

Lumbreras Editores

Floema. Tejido del sistema vascular de las plantas que transporta azúcares disueltos y otros productos de la fotosíntesis, desde las hojas a otras regiones de la planta; constituido principalmente por las células cribosas. Células del sistema vascular de las plantas que transportan alimentos desde las hojas a otras áreas de la planta.

Flora autóctona. Microorganismos que mantienen una relación íntima y permanente con una superficie epitelial.

Flora normal. Microorganismos que a menudo se encuentran en sitios del cuerpo dentro de personas saludables normales.

Folíolo (Parte de la hoja). Cada uno de los fragmentos similares a pequeñas hojas con los cuales está formado el limbo de una hoja compuesta.

Fómite. Objeto inanimado que sirve como medio de transporte para algunos virus.

Fósil. Evidencia física reconocible de un individuo que vivió en el pasado distante.

Fosilización. Formación de fósiles. Un organismo o evidencia de él queda atrapado en sedimento o ceniza volcánica; el agua y los compuestos inorgánicos disueltos se infiltran en él.

Fotosutótrofo. Organismo que efectúa fotosíntesis para obtener energía.

Fronde. Talo de las algas cuando tienen aspecto folioso, es el caso de las macroalgas.

Frústulo. Conjunto de las dos valvas silíceas de las diatomeas.

Fucoxantina. Pigmento de color amarillo, presente en los cromoplastos de las algas pardas o *Feophytas*.

G

Galt. Acúmulos de tejido linfoide asociados con el tracto gastrointestinal.

Gametangios. Hifas especializadas que participan en la reproducción sexual de los hongos.

Gametofito. En las plantas que presentan alternancia de generaciones, es el estadio haploide que produce gametos por mitosis.

Ganglio de Gasser. Ganglio sensorial del V par craneal, llamado también nervio trigémino. Se distribuye por toda la superficie externa e interna de la cara.

Ganglios. En el sistema nervioso son formaciones nodulares que hay en el trayecto de los nervios.

Ganglios mesentéricos. Agrupaciones de linfocitos a nivel de la cavidad abdominal.

Gangrena. Necrosis y destrucción completa de una parte del cuerpo, que puede ser causada por agentes físicos, químicos, tóxicos, infecciosos y circulatorios.

Garra. Uña puntiaguda situada al extremo de los falanges.

Genóforo. Molécula única de ADN circular y desnudo que constituye el cromosoma bacteriano.

Germinación. Inicio o reactivación del crecimiento de una espora, semilla, yema u otra estructura similar.

Giberelinas (GAs). Grupo de hormonas de crecimiento, cuyo efecto mejor conocido corresponde a la elongación de los tallos de las plantas, también inducen el desarrollo del fruto y la germinación de las semillas.

Girencefalo. Característico de los hemisferios cerebrales de los mamíferos porque presentas giros y circunvoluciones.

Glándula suprarrenal. Una glándula endocrina de los vertebrados. La corteza (superficie externa) es la fuente de cortisol, aldosterona y otras hormonas esteroideas; la médula (núcleo interno) secreta adrenalina (epinefrina) y noradrenalina (norepinefrina).

Glomérulo. En el riñón de los vertebrados, un grupo de capilares encerrados por la cápsula de Bowman. Los componentes del plasma sanguíneo, excepto las moléculas grandes, se filtran al túbulo renal a través de las paredes de los capilares glomerulares.

Gondwana. Antiguo bloque continental que resultó de la porción meridional de Pangea, cuando se extendió el mar de Tetis hacia el oeste.

Gotitas de Flugge. Gotitas de fluidos que se eliminan al estornudar o toser.

Gramíneas. Plantas angiospermas del grupo de las monocotiledóneas.

Granuloma. Lesión inflamatoria crónica infiltrada con macrófagos y linfocitos, acompañada de actividad fibroblástica.

H

Haces vasculares. Grupo de células pertenecientes al xilema, floema y cámbium en el tallo de las plantas.

Halófilo extremo. Microorganismo procarionte capaz de tolerar alta salinidad en el medio.

Halterios. Alas pequeñas diferenciadas en los dípteros útiles para el equilibrio en el vuelo.

Haploide. Célula que contiene solo un miembro de cada cromosoma homólogo (n). En la fecundación, dos gametos haploides se fusionan para formar una sola célula con un número diploide (2n) de cromosomas.

Hapteno. Molécula de bajo peso molecular capaz de reaccionar con un anticuerpo, pero incapaz de desencadenar su producción en un animal. Puede hacerse inmunógeno uniéndose a una proteína transportadora.

Haustorios. Ramas hifales que penetran en las células vegetales y se nutren del citoplasma.

HCl. Lo segregan las células parietales de las glándulas gástricas. La acidez del jugo gástrico (pH 1,2 a 2,5), además de transformar el pepsinógeno en pepsina, actúa como antiséptico.

Hemeritrina. Pigmento respiratorio que transporta oxígeno en algunos organismos anélidos marinos. Químicamente es una metaloproteína con hierro.

Hemocele. Cavidad derivada tanto del mesodermo como del blastocele, que se divide en pequeños senos y lagunas, por donde circula el fluido llamado hemolinfa.

Hemocianina. Pigmento respiratorio que transporta oxígeno en los moluscos. Químicamente se trata de una metaloproteína con cobre.

Hemoglobina. Es una hemoproteína de la sangre, de peso molecular 64 000 (64 kD), de color rojo característico, que transporta el oxígeno desde los órganos respiratorios hasta los tejidos.

Hemolinfa. Es el líquido circulatorio de los artrópodos, moluscos, etc. análogo a la sangre de los vertebrados. Su composición varía mucho de una especie a otra. Puede ser de diferentes colores o incluso incolora. Su función biológica principal es el transporte de alimentos hacia los tejidos. Contiene células de diferentes tipos y funciones.

Hemoptisis. Expulsión de sangre con la expectoración (tos).

Hepatomegalia. Agradamiento o aumento de tamaño del hígado en una extensión considerable que permite apreciarlo por debajo del reborde costal.

Heterocistos. Células especializadas en las cianobacterias, que se originan a partir de células vegetativas, por engrosamiento de la membrana y desaparición del pigmento asimilador. Una de sus funciones es la fijación del nitrógeno atmosférico. Pueden hallarse aislados o en series y ocupar una posición terminal o intercalar en el tricoma.

Heterotálica. Hifa fungal que no se puede autofecundar (autoestéril).

Hibridoma. Fusión de una célula tumoral con un linfocito que aporte la especificidad deseada, obteniéndose anticuerpos monoclonales específicos contra el antígeno previsto.

Hifa. Elemento filamentoso cilíndrico característico de la mayoría de los hongos que conforman su estructura vegetativa.

Hifa cenocítica. Filamento no septado que contiene a numerosos núcleos.

Hipertensión. Presión sanguínea elevada.

Hipertónico. De dos soluciones de concentración diferentes, la que contiene mayor concentración de partículas de soluto; el agua se mueve a través de una membrana selectivamente permeable hacia la solución hipertónica.

Hipertrofia. Incremento de un tejido u órgano provocado por el agrandamiento de sus células y no por la multiplicación celular.

Hipocótilo. Su crecimiento es importante en la germinación epígea; eleva los cotiledones por encima del suelo.

Hiporexia. Disminución del apetito.

Hipotálamo. Parte del encéfalo de los mamíferos que regula la hipófisis, el sistema autónomo, las reacciones emocionales, la temperatura corporal, el equilibrio hídrico y el apetito, se localiza bajo el tálamo.

Hipotensión. Presión arterial anormalmente baja.

Hipotónico. Relativo a una solución que tiene presión osmótica (o concentración de soluto) menor que la de una solución con que se le compara. También se dice hipoosmótico.

Hipovolemia. Disminución del volumen de sangre debido a una hemorragia o cuadro de deshidratación.

Histamina. Amina liberada de los gránulos de mastocitos y basófilos, actúa como mediador inflamatorio.

Histocompatibilidad. Tolerancia entre los tejidos de un donante y el receptor del injerto.

Holozoico. Organismo que ingiere y digiere alimentos que previamente ha capturado.

Homoplasia. Cambio evolutivo paralelo que hace que dos organismos presenten un mismo carácter adquirido independientemente.

Homotálica. Hifa fungal que se puede autofecundar (autofértil).

Hongos dimorfos. Hongos que tienen dos formas de crecimiento, como moho (fase micelial) y como levadura (fase levaduriforme), las cuales se desarrollan según las diferentes condiciones de crecimiento (por ejemplo *Blastomyces dermatitidis* forma hifas *in vitro* y levaduras en tejidos).

Lumbreras Editores

Hormogonio. Fragmento de un tricoma de una cianobacteria, compuesto por un número variable de células, que pueden oscilar entre dos o varios y se forma por fragmentación del tricoma al formarse los discos bicóncavos de mucílago o por muerte de alguna de las células intermedias. Son móviles, desnudos y están destinados a la propagación de las cianofitas.

Hormona. Sustancia química producida normalmente en pequeñas cantidades en una parte del organismo, desde donde es transportada a otra parte del organismo en la que produce un efecto específico.

Hormona antidiurética (ADH). Hormona peptídica sintetizada por el hipotálamo, que inhibe la excreción de orina induciendo la absorción de agua desde los nefrones; también llamada vasopresina.

Hospedero definitivo. Hospedero en el cual el parásito llega a su madurez o pasa su estadio sexuado.

Hospedero intermediario. Hospedero en el cual el parásito se encuentra en fase larvaria.

Hospedero o húesped. Persona o animal vivo, incluidos aves y artrópodos, que en circunstancias naturales (en comparación con las experimentales) permiten la subsistencia o el alojamiento de un agente infeccioso.

Huevo amniótico. Huevo a menudo con cascarón en el cual se observan cuatro membranas extraembrionarias. Adaptación vital para la invasión de tierra firme por los vertebrados.

I

Ictericia. Coloración amarillenta de la piel o de la esclerótica ocular producida por exceso de la bilirrubina (pigmento biliar) en la sangre.

Incidencia. Es el número de casos nuevos que aparecen en un período de tiempo dado, en una población conocida.

Individuo inmune. Individuo que tiene los anticuerpos protectores específicos o inmunidad celular específica como consecuencia de una infección natural o inmunización activa previa. En caso de exposición posterior esta experiencia previa lo protege de desarrollar el cuadro clínico de la enfermedad.

Individuo inmunodeprimido. Individuo cuyo sistema de defensa (sistema inmune) debido a un trastorno o alteración no está cumpliendo sus funciones de protección frente a diversos microorganismos y sustancias antigénicas, debido a esto la persona es susceptible a padecer una enfermedad provocada por algún microorganismo oportunista que pone en peligro su salud y vida.

Indusio. Estructura con forma de paraguas que cubre los soros en una hoja de helecho.

Infección nosocomial. En el ámbito de la salud es una infección contraída por pacientes en un espacio de atención de la salud, también se le llama infección intrahospitalaria.

Infección oportunista. Infección por microorganismos que son normalmente inocuos, pero que se vuelven patógenos cuando está comprometido el sistema inmunitario del organismo.

Infestación. Colonización, desarrollo y reproducción de artrópodos en el cuerpo, vestimenta, ropa de cama, entre otros. Los objetos infestados, incluyendo las viviendas, son aquellos que albergan animales, especialmente artrópodos (insectos, ácaros, garrapatas) y roedores.

Injerto. Tejido u órgano que se implanta en otra región del propio cuerpo o en un organismo extraño. El proceso del injerto se denomina trasplante.

Inmunodepresión. Disminución o ausencia de la respuesta de defensa del cuerpo.

Inspiración. Cuando el diafragma se contrae y se mueve hacia abajo, los músculos pectorales y los intercostales externos presionan las costillas hacia fuera. La cavidad torácica se expande y el aire entra con rapidez en los pulmones a través de la tráquea.

Interferón. Familia de polipéptidos producidos por células infectadas y que incrementan la resistencia de otras células a infecciones virales.

***In vitro*.** Dentro u observado en un laboratorio.

J

Jugo gástrico. Jugo digestivo producido por el estómago; contiene ácido clorhídrico y enzimas digestivas.

L

Laringe. Es un conducto que además de filtrar el aire inspirado, posee las cuerdas vocales y tiene la función de órgano fonador, es decir, produce el sonido en los anfibios y mamíferos.

Latencia. Condición especial de crecimiento suspendido en el cual la planta y algunas partes de la planta como las yemas y las semillas no comienzan a crecer si no se dan determinadas condiciones ambientales. Estos requerimientos, que pueden ser exposición al frío y fotoperiodo apropiado, evitan la ruptura del reposo durante condiciones tan solo superficialmente favorables para el crecimiento. También denominada dormancia o dormición.

LCR. Es la abreviatura del líquido cefalorraquídeo o llamado también cerebroespinal, es un líquido de color transparente que baña toda la médula espinal y el cerebro encontrándose también en el interior del cerebro en cavidades llamadas ventrículos cerebrales.

Lengua. Ubicada en el piso de la cavidad bucal, posee quimiorreceptores y participa en la deglución. La deglución empieza cuando el bolo alimenticio se acomoda sobre la lengua y se digiere hacia la faringe. Esta acción inicia una onda de contracción involuntariamente en los músculos de la faringe, que empuja el bolo hacia el esófago.

Leucorrea. Flujo blanquecino o amarillento por el orificio vaginal.

Levaduras. Células fúngicas unicelulares, esféricas o elipsoides que se reproducen por gemación.

Lignina. Polímero que se encuentra incrustado en la pared celular secundaria de las células de las plantas leñosas. Ayuda a robustecer y endurecer las paredes. Químicamente es muy complicada, sus monómeros son variados y derivan principalmente del fenilpropano, producto final del metabolismo que a la muerte de la planta es degradado lentamente por hongos y bacterias, por ello forma la parte principal de la materia orgánica del suelo. Sustancia orgánica o mezcla de sustancias de elevado contenido de carbono. Asociada con la celulosa en las paredes de muchas células.

Linaje. Secuencia de especies que forman una línea directa de descendencia, siendo cada nueva especie el resultado directo de la evolución desde una especie ancestral inmediata.

Linfopoyesis. Conjunto de procesos que concluyen con la formación y diferenciación de los linfocitos.

Lipopolisacárido. Son moléculas que contienen ácidos grasos como parte lipófila y cadenas características de oligosacáridos y polisacáridos, que forman la membrana externa de bacterias gram negativas. Actúan como endotoxinas.

Lisencéfalos. Característico de los hemisferios cerebrales de las aves, porque los hemisferios son lisos, también se presenta en monotremas y algunos otros mamíferos.

Lisozima. También llamada muramidasa, es una enzima que daña las células bacterianas a nivel de la pared celular. Es abundante en secreciones como la saliva, las lágrimas y el moco.

Locomoción. Trasladarse de un punto a otro.

LUCA. Hipotético último organismo del cual descendemos todos los existentes.

M

Mácula. Área en la piel de menos de 1 cm de diámetro, plana y no palpable de un color diferente a la piel.

Mandíbula. Maxilar inferior.

Mata. Es aquella planta de tallo leñoso con una altura inferior al metro.

Meiosis. División celular en la cual la copia de los cromosomas es seguida por dos divisiones nucleares. Cada uno de los cuatro gametos resultantes recibe la mitad del número de cromosomas (número haploide) de la célula original.

Meristema. Tejido embrionario localizado en las puntas de los tallos y de las raíces y, ocasionalmente, a todo lo largo de la planta; sus células se dividen por mitosis produciendo nuevas células de las cuales se originan nuevos tejidos.

Mesencéfalo. Es el segmento más alto del tronco del encéfalo, conecta el puente troncoencefálico o puente de Varolio y el cerebelo con el diencéfalo. Su eje longitudinal se inclina hacia adelante y los pedúnculos, se alejan de la línea media en su ascenso por el foramen de Pacchioni para penetrar en el hemisferio cerebral correspondiente.

Mesófilo. Parénquima clorofotosintético localizado entre las dos epidermis de la lámina de la hoja.

Mesofíticas. Plantas que viven en una ecología intermedia entre el medio seco y acuático.

Mesosoma. Invaginación de la membrana bacteriana involucrada en procesos como la división y la síntesis de ATP.

Metabolismo. La suma de todas las reacciones químicas que ocurren dentro de una célula o un organismo; transformaciones por medio de las cuales la energía y la materia quedan disponibles para uso del organismo.

Metacercaria. Larva final de los platelmintos como las fasciolas hepáticas con apéndice caudal.

Metamería. Tipo de organización corporal a base de elementos similares (metámeros) repetidos a lo largo del eje longitudinal del cuerpo, que incluye estructuras externas e internas.

Metanógeno. Microorganismo que obtiene energía utilizando dióxido de carbono para oxidar el hidrógeno, produciendo metano como un producto de desecho.

Metatarso. Hueso del pie situado entre tarso y falanges.

Cumbre Cos Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Metencéfalo. Es la segunda vesícula del encéfalo en desarrollo embrionario numerado de atrás a adelante, originada por el rombencéfalo, y que a su vez dará lugar a dos nuevos componentes: el cerebelo y el puente de Varolio.

Micelio. Masa de hifas que constituye el cuerpo vegetativo de un hongo.

Micelio primario. Conjunto de hifas con células monocarióticas.

Micelio secundario. Conjunto de hifas con células dicarióticas.

Micoplasma. Bacterias que carecen de pared celular. No son sensibles a los antibióticos que bloquean la síntesis de la pared celular, como la penicilina u otros antibióticos betalactámicos.

Micrópila. Abertura dejada por los tegumentos que protegen el óvulo, por donde penetra usualmente el tubo polínico.

Micróspora. Célula pequeña, originada por meiosis, que formará el grano de polen luego de una o dos mitosis y el desarrollo de una pared celular especializada. Se encuentra dentro de los sacos polínicos de las anteras.

Mielencéfalo. Se conoce así a la primera vesícula del encéfalo en el sistema nervioso embrionario, originada por el rombencéfalo, o cerebro primitivo posterior, y que posteriormente dará lugar al bulbo raquídeo.

Miembro de vaso. Uno de los componentes celulares de un vaso.

Miocomata. Lámina muscular, formado por miómeros.

Miómeros. Está formado por fibras cortas musculares en los peces.

Miotomo. Bloque muscular, formado por miocomata.

Miracidio. Primera larva de los platelmintos trematodos como la fasciola hepática.

Monera. Reino que agrupa a todo organismo carente de núcleo delimitado por membrana, como es el caso de las eubacterias y las arqueobacterias.

Monofilético. Grupo donde todos los organismos incluidos en él han evolucionado a partir de una población ancestral común, y todos los descendientes de ese ancestro están incluidos en el grupo.

Monoico. Planta con flores de dos tipos: masculinas y femeninas. Ejemplo: maíz (*Zea mays*).

Mórula. Agregado de células embrionarias (blastómeras) indiferenciadas.

Muguet. Afección micótica oral que se presenta generalmente en niños menores de seis meses. Es causada por el hongo candida.

Mureína. Heteropolisacárido constituyente de la pared celular de eubacterias.

Músculo. Órgano compuesto por tejido orgánico que se contrae y expande, utilizado por el hombre y los animales para producir movimiento.

N

Necrosis. Muerte de alguna o de todas las células de un órgano o tejido provocado por alguna enfermedad, trastorno químico o físico, o interrupción de la circulación sanguínea.

Nervadura (Parte de la hoja). Son una especie de arrugas o canales que recorren el limbo de la hoja. En realidad, son los vasos conductores que discurren a lo largo de su superficie.

Nervios. Es un conjunto de fibras nerviosas o axones, asociadas en fascículos por medio de tejido conjuntivo, son manojos de prolongaciones nerviosas de sustancia blanca, en forma de cordones que hacen comunicar los centros nerviosos con todos los órganos del cuerpo. Forman parte del sistema nervioso periférico.

Neumatóforo. Estructura que contiene aire, llamados también flotadores y que se pueden observar en *Macrocystis*.

Neumostoma. Abertura o poro respiratorio que conecta al pulmón de los gasterópodos terrestres como los caracoles y babosas.

Neuronas. Son un tipo de células del sistema nervioso cuya principal característica es la excitabilidad de su membrana plasmática; están especializadas en la recepción de estímulos y conducción del impulso nervioso (en forma de potencial de acción) entre ellas o con otros tipos celulares, como por ejemplo las fibras musculares de la placa motora.

Neurosífilis. Padecimiento de la sífilis terciaria en la cual la meningitis crónica es la manifestación más común.

Nódulo. Pequeña protuberancia o agregación de células.

Notocorda. Tejido rígido (no es cartílago ni hueso) que constituye una estructura de apoyo para el cuerpo de los cordados.

Nucleoide. Región densa del citoplasma bacteriano en el que se encuentra el ADN cromosómico.

Nutrientes. Son los distintos compuestos químicos que forman los alimentos.

O

Odinofagia. Dolor de la faringe al deglutir los alimentos.

Oidios. Enfermedad de las plantas en forma de capa algodonosa similar a una estrella.

Ómoplato. Hueso del codillo.

Ontogenia. Es el desarrollo embrionario e incluye una serie de etapas de transformación del embrión en adulto.

Ooforitis. Inflamación del ovario.

Oogonio. Célula en cuyo interior se forman, a manera de aplanosporas, gametos femeninos inmóviles u oosferas, en número de uno o más.

Oosfera u ovocélula. Una de las siete células del saco embrionario cuyo núcleo es la gameta femenina, haploide.

Oportunista. Microorganismo que solo causa enfermedad cuando las defensas del cuerpo se ven comprometidas o superadas.

Opsonización. Inducción de la fagocitosis de partículas infecciosas por macrófagos y neutrófilos. Las sustancias que favorecen la opsonización se denominan opsoninas y comprenden a las proteínas del complemento y los anticuerpos.

Órbita. Cavidad del cráneo en la que se aloja el ojo.

Orina. Desecho o líquido filtrado desde la sangre por el riñón y almacenado en la vejiga a la espera de su eliminación a través de la uretra.

Orquitis. Inflamación del testículo.

Osmorregulación. Regulación activa de la presión osmótica de los líquidos corporales, de modo que no se diluyan o concentren en exceso.

Ósmosis. Difusión del agua a través de una membrana selectivamente permeable (una membrana que permite el paso libre de agua pero evita o retarda el paso de un soluto). En ausencia de otros factores que afecten el potencial hídrico, el movimiento neto de agua ocurre desde el lado que contiene una concentración menor de soluto al lado que contiene una concentración más alta.

Ostíolo. Orificio definido por las dos células oclusivas de un estoma.

Ovotestes. Gónada mixta que puede producir tanto espermatozoides como óvulos, presente en los caracoles.

P

Palpebral. Relativo al párpado.

Pandemia. Epidemia que ocurre en todo el mundo o afecta un área muy amplia; cruzan los límites internacionales y afecta a un número grande de personas.

Pangea. Supercontinente que existió al final de la era paleozoica y comienzos de la Mesozoica que agrupaba la mayor parte de las tierras emergidas del planeta.

Pápula. Lesión cutánea elevada, sólida y palpable, de menos de 1 cm de diámetro.

Parafilético. Grupo que incluye al antepasado común de sus miembros, pero no a todos los descendientes de este.

Paramilo. Polisacárido que se produce como materia de reserva de las *Euglenophytas*.

Parásito. Organismo vegetal o animal que vive a expensas del hospedero donde reside ya sea en su exterior o interior. Los parásitos no son necesariamente dañinos para su huésped.

Parénquima. Uno de los tres principales tejidos de las plantas, sus células, de paredes finas, están vivas pudiendo fotosintetizar, respirar y almacenar sustancias de reserva; constituyen la mayor parte de las plantas, se lo encuentra en frutos, semillas, hojas y en el sistema vascular. Tejido fundamental constituido por células vivas que cumplen diferentes funciones.

Parestesia. Sensación de hormigueo o adormecimiento en el cuerpo debido a alguna enfermedad en el sistema nervioso.

Pasteurización. Proceso de calentamiento de la leche y otros líquidos para destruir microorganismos.

Patogenicidad. Propiedad de un organismo que determina el grado de severidad de enfermedad en una población infectada. También se refiere a la potencia de un organismo para producir enfermedad.

Patógeno. Todo agente que puede producir enfermedad o daño a un huésped, sea este humano, animal o vegetal.

Pelo glandular. Tricoma que tiene una cabeza unicelular o multicelular compuesta de células secretoras; generalmente ubicado sobre un pie de células no glandulares.

Pelo radical. Tricoma en la epidermis de la raíz que es una simple extensión de una célula epidérmica.

Lumbreras

Pelo simple. Tricoma formado por una sola o una hilera de células.

Pelvis. Hueso en la parte inferior del tronco.

Penicilina. Antibióticos del grupo de los betalactámicos empleados en el tratamiento de infecciones provocadas por bacterias sensibles.

Pepsinógeno. Segregado como precursor inactivo (zimógeno) que se transforma en pepsina (el pH óptimo de esta enzima es 2) por la acidez originada por el ácido clorhídrico. La pepsina rompe los enlaces peptídicos de las proteínas.

Peptidasas. Degradan las cadenas cortas de péptidos a aminoácidos libres.

Percutánea. Que se practica a través de la piel o por la piel, como los agentes terapéuticos que se introducen en el organismo por medio de masaje, fricción, etcétera.

Peridermis. Tejido de protección secundario que reemplaza a la epidermis en tallos y raíces.

Peristalsis. Ondas de contracciones del músculo liso en el sistema digestivo que mueven el alimento a lo largo del tracto digestivo.

Petequia. Pequeña mancha redondeada, de color rojo oscuro, provocada por la hemorragia de la piel o de las membranas mucosas.

Pie. Miembro del cuerpo que se encuentra al final de las piernas y debajo del tobillo.

Pilina. Proteína fibrosa que forma parte del *pili* bacteriano. Esta estructura es útil para la transferencia de plásmidos.

Pirenoide. Masa incolora fundamentalmente de proteínas, incluida en los cromatóforos de las algas verdes y rodeadas de un depósito de almidón, con cuya formación se relaciona su presencia.

Placas cribosas. Placas perforadas que se encuentran en las paredes terminales de los elementos cribosos y que sirven para conectarlos entre ellos.

Placas de Peyer. Agrupación de linfocitos ubicados en la capa submucosa del intestino delgado.

Placodermo. Craneado primitivo. Depredador con mandíbulas, aletas pareadas y armadura de escamas en la cabeza. Extinto.

Plancton. Organismos pequeños que se encuentran flotando en la región superficial de las aguas dulces y marinas. Pueden presentar movimientos de desplazamiento.

Plasma. Es la fracción líquida y acelular de la sangre. Está compuesto por agua el 90 % y múltiples sustancias disueltas en ella. De estas las más abundantes son las proteínas. También contiene glúcidos y lípidos, así como los productos de desecho del metabolismo. Es el componente mayoritario de la sangre, puesto que representa aproximadamente el 55 % del volumen sanguíneo total.

Plasmodio. Estructura multinucleada que se forma por fusión de células.

Plasmogamia. Fusión citoplasmática de dos hifas diferentes.

Pluma. Cada una de las piezas córneas con un tubo central y ramillas laterales que conforman una suerte de hoja alargada, que en gran cantidad recubren el cuerpo de las aves. Les da protección, aislamiento térmico y es de utilidad para el vuelo.

Polaridad. Diferenciación a lo largo de un eje antero posterior (implica gradientes entre puntos limitantes).

Polifilético. Grupo que no incluye al antepasado común más reciente de todos sus miembros; está constituido por la unión artificial de ramas dispersas del árbol evolutivo.

Polisomas. Conjunto de ribosomas que realizan la traducción en el citoplasma.

Poliuria. Producción anormalmente alta de orina, por lo general de color claro y la frecuencia de micciones está aumentada.

Porinas. Proteínas integrales de membrana que funcionan como poros a través de los cuales las moléculas se pueden difundir. Permiten procesos de difusión pasiva y actúan como canales. Están presentes en bacterias gram negativas y algunas grampositivas.

Portador. Persona o animal que alberga un agente infeccioso específico, en ausencia de enfermedad clínica aparente, y que puede servir de fuente de contagio. El estado de portador puede ser de corta o larga duración (temporal o transitorio, o crónico).

Priapismo. Erección prolongada y dolorosa del pene, sin estímulo sexual.

Pródromos. Síntomas iniciales de una enfermedad infecciosa.

Profilaxis. Medidas o tratamientos diseñados para evitar enfermedades.

Proglótidos. Segmentos corporales aplanados que caracterizan al cuerpo de una tenia.

Prolapso. Descenso, caída o desplazamiento hacia debajo de un órgano o parte de él alejándose de su posición normal.

Prosencéfalo. Parte del embrión que se convertirá en el diencéfalo (tálamo, hipotálamo, epitálamo y subtálamo) y será recubierta por el telencéfalo (hemisferios laterales) que equivale a lo que llamamos simplemente cerebro.

Protandria. Condición de los hermafroditas consistente en que los gametos masculinos maduran y se liberan antes que los femeninos.

Proterozoico. Era en la cual el oxígeno se acumuló en la atmósfera. Origen del metabolismo aeróbico y de las células eucariotas.

Protista. Grupo de organismos de organización biológica sencilla, que pueden ser unicelulares, coloniales o pluricelulares; comprende a las algas y los protozoarios.

Protocélula. Etapa hipotética similar a una célula entre la evolución química y la primera célula viva.

Protoginia. Condición de los hermafroditas consistente en que los gametos femeninos maduran y se desprenden antes que los masculinos.

Protonema. Estructura generalmente en forma de hilo formada por la germinación de una espora. Se aprecia mejor en los musgos y forman yemas que se convierten en gametofitos.

Protostomado. Organismo en cuyo desarrollo embrionario forma primero la boca.

Protozoario. Animal que se caracteriza por tener su cuerpo estructurado por una sola célula, pero que realiza todas las funciones de los organismos.

Pruriginoso. Picazón intensa en la piel, debido a la liberación de histamina.

Prurito. Picor provocado por la irritación local de la piel y algunas veces por trastornos nerviosos que inducen al rascado o frotación de la zona afectada.

Pujo. Contracciones voluntarias o involuntarias a nivel abdominal bajo con relación a irritación vesical (en una cistitis), rectal (en una rectitis) o en el período expulsivo del parto.

Pulmones. Son órganos respiratorios con forma de cámaras. Se encuentran en los arácnidos, gasterópodos terrestres y vertebrados terrestres.

Pústula. Pequeña elevación circunscrita de la piel que contiene líquido, por lo general purulento (pus).

Q

Queratina. Es una proteína de forma fibrosa, principal componente de la capa más externa de la epidermis de los vertebrados.

Quimioautótrofas. Aquellos organismos capaces de utilizar compuestos inorgánicos reducidos como sustratos para obtener energía y utilizarla en el metabolismo respiratorio.

Quimiolitótrofo. Organismo que obtiene la energía oxidando sustancias inorgánicas, pero cuya fuente de carbono es inorgánica: dióxido de carbono.

Quimiotaxis. Proceso por el cual los leucocitos son atraídos a la vecindad de los agentes invasores.

Quiste. Cavidad cerrada revestida de epitelio y llena de materia líquida o semilíquida. Existen muchas variedades de quistes en diversas partes del organismo. Algunos son congénitos, otros son tumores que contienen células que segregan moco, otros son los quistes que forman los parásitos en el organismo, etcétera.

Quitina. Polímero de N-acetil-glucosamina. Constituyó a las paredes celulares de los hongos.

R

Radiación adaptativa. Proceso que describe la rápida especiación de una o varias especies para llenar muchos nichos ecológicos.

Radiolario. Animal microscópico marino del grupo de los protozoarios que tiene su célula protegida por un esqueleto silicoso.

Radícula. Asoma por la micrópila, dando origen a la raíz primaria. Su duración es efímera en las monocotiledóneas, que generalmente desarrollan raíces adventicias, mientras en gimnospermas y dicotiledóneas origina la raíz principal que dura toda la vida de la planta.

Rafe. Hendidura longitudinal presente en el campo axial de las valvas de las diatomeas y relacionadas con el movimiento.

Rastrero (Tipo de tallo). Muchas plantas presentan tallos débiles que se arrastran por tierra y al mismo tiempo desarrollan nuevas raíces con las que producirán nuevas plantas. Este tipo de tallos se llaman rastreros. Dentro de este grupo tendríamos plantas como la fresa.

Redia. Estadio larval de ciertos trematodos, como las fasciolas hepáticas.

Cumbres Editores

Región medular. En plantas, la parte central del tronco compuesta esencialmente en tejido parenquimatoso modificado para almacenamiento.

Renina. Enzima liberada por el riñón en respuesta a isquemia o decremento en la presión del pulso, que transforma el angiotensinógeno en angiotensina, la cual a su vez causa un incremento en la presión arterial.

Reservorio. Cualquier persona, animal, vegetal, materia inorgánica, sustancia o combinación de los mencionados, en donde un agente infeccioso vive, se multiplica y del que depende para su supervivencia y reproducción de modo que pueda trasmitirse a un huésped susceptible.

Rizoide. Diferenciación del talo de las algas que sirven para sujetarla.

Rizomas. Un tallo horizontal que crece a lo largo o debajo de la superficie, puede intervenir en la reproducción vegetativa de la planta.

Rombencéfalo. Es una porción de encéfalo que rodea al cuarto ventrículo cerebral; lo integran el mielencéfalo y el metencéfalo, juntamente. Se encuentra localizado en la parte inmediatamente superior de la médula espinal y está formado por tres estructuras: el bulbo, la protuberancia anular o puente de Varolio, y el cerebelo. En él se encuentra, también, el cuarto ventrículo.

Roya. Enfermedad de las plantas en forma de abultamientos marrones causado por los hongos *Puccinia* y *Melampsora*.

S

Saco embrionario. Conjunto de siete células formado a partir de una célula haploide originada por meiosis. Se encuentra en el interior del óvulo.

Sacro. Conjunto de las vértebras sacras.

Saprobiótico. Forma de nutrición que se alimenta de materia muerta.

Saprotrofismo. Organismo que se alimenta de sustancias orgánicas muertas o en descomposición.

Secreción. Producto de cualquier célula, glándula o tejido liberado a través de la membrana celular, que desempeña su función fuera de la célula que lo produjo. Etapa de la función renal en la cual las moléculas que quedan en el plasma sanguíneo son eliminadas selectivamente de los capilares peritubulares y bombeadas al filtrado del túbulo renal mediante procesos de transporte activo.

Selección clonal. Base fundamental de la activación linfocitaria por la cual los antígenos solo estimulan aquellas células que poseen un receptor específico para ellas, para que proliferen y se diferencien.

Senescencia o envejecimiento. Etapa, generalmente irreversible, de degeneración estructural y funcional que normalmente conduce a la muerte de la planta o de sus estructuras a las que afecta. Durante el envejecimiento predominan los procesos catabólicos sobre los anabólicos.

Septicemia. Término clínico que indica evidencia de enfermedad sistémica asociada con la presencia de bacterias.

Sésil (Tipos de hojas). Son hojas sésiles, aquellas en las que el limbo sale directamente de la ramita. No tienen peciolo.

Seudohifas. Cadenas alargadas de yemas o blastoconidios.

Simbiosis. Relación íntima de dos especies distintas que viven juntas. El simbionte se beneficia siempre; el hospedador puede ser beneficiado (mutualismo), no afectado (comensalismo) o perjudicado (parasitismo).

Simetría. Disposición de los órganos respecto a un eje.

Síndrome. Conjunto de signos y síntomas que caracterizan a una enfermedad en particular. Un síndrome puede deberse a varias etiologías que tienen en común el compartir diversos mecanismos fisiopatológicos.

Siringe. Es el órgano fonador vocal de las aves. Se ubica en la base de la tráquea.

Sistemática. Estudio científico moderno de las relaciones evolutivas entre los organismos.

Soredios. Unidades de dispersión asexual de los líquenes.

Súber o corcho. Tejido protector compuesto de células muertas con paredes impregnadas con suberina y formadas en dirección centrífuga por el felógeno como parte de la peridermis.

Suculento (Tipo de tallo). Estos tallos se engordan mucho al acumular agua. Son así una reserva de este líquido necesaria para los largos periodos de sequía. Su adaptación al medio ha llegado a transformar las hojas de la mayoría de estas plantas en espinas; lo que, además de favorecer la retención de agua, constituye una buena defensa contra los herbívoros. Dentro de este grupo las plantas más significativas serían las cactáceas.

Sulco. Surco longitudinal de los dinoflagelados.

Lumbreras Editores

T

Talo. Cuerpo vegetativo no diferenciado; en ciertos casos, sin embargo, puede distinguirse en él diversas estructuras.

Tarso. Hueso del talón.

Taxonomía. Disciplina que se encarga de clasificar a los organismos en grupos y además les otorga su nombre científico.

Taxón. Grupo de organismos de cualquier nivel jerárquico, con su correspondiente nomenclatura.

Teca. Envoltura separada del protoplasto en diversos fitoflagelados.

Téctum. Es el término general para referirse a una región del sistema nervioso central, en concreto a la región dorsal del tronco encefálico que comprende los colículos y los tubérculos cuadrigéminos. El téctum es uno de dos segmentos del cerebro medio. Compone el techo del cerebro medio.

Tejidos. En los organismos pluricelulares, grupo de células similares que realizan una determinada función. Grupo de células organizadas como una unidad estructural y funcional.

Telencéfalo. Estructura cerebral situada sobre el diencéfalo. Representa el nivel más alto de integración somática y vegetativa. Histológicamente, y desde un punto de vista embriológico y ontogénico, se distinguen dentro de la corteza cerebral.

Termófilo. Organismo adaptado a temperaturas altas, como las que se alcanzan en aguas termales y geiseres, en fuentes hidrotermales submarinas, y en las tuberías domésticas de agua caliente. Existe una gran diversidad de bacterias, hongos, plantas y animales inferiores que pueden crecer a temperaturas de hasta 50 °C y, en ocasiones, superiores.

Termófilo extremo. Grupo de arqueobacterias que se desarrollan en ambientes a temperaturas superiores a 45 °C, algunos de ellos, los hipertermófilos, tienen su temperatura óptima de crecimiento por encima de los 80 °C.

Tetanoespasmina. Exotoxina neurotóxica, producto de *Clostridium tetani*. También se le denomina toxina tetánica.

Tetralocular. Estructura que está compuesta por cuatro cavidades.

Thermophilus aquaticus. Bacteria termófila que vive en la proximidad de manantiales de agua caliente.

Tiflosol. Pliegue intestinal que incrementa la superficie de absorción.

Timo. Órgano linfoide central de forma bilobulada situado detrás del esternón, controla la maduración de los linfocitos T. Involuciona luego de la pubertad.

Tiña. Es una infección micótica que afecta a la piel, uña, cabello, ingle, etcétera.

Toxina. Sustancias producidas y secretadas por animales plantas y microorganismos, y que son altamente tóxicas para otros organismos.

Toxoide. Exotoxina bacteriana que ha perdido su toxicidad pero que conserva su capacidad de desencadenar una respuesta inmune.

Transducción. Transferencia horizontal de genes entre bacterias con participación de fagos.

Transformación. Adquisición de genes por parte de una bacteria competente.

Tráquea. Es una vía respiratoria en los animales vertebrados. En los insectos es un conducto reforzado por anillos de quitina, que se ramifica originando traqueolas que intercambian gases con las células del animal.

Traqueidas. Células alargadas y ahusadas, relativamente angostas y con paredes gruesas y punteadas sin perforaciones verdaderas. Forman el sistema de tubos del xilema y llevan agua y solutos desde las raíces al resto de la planta. Al madurar mueren; poseen lignina en sus paredes secundarias. Un elemento traqueal del xilema que no tiene perforaciones, en contraste con un miembro de vaso. Se presenta tanto en el xilema primario como en el secundario.

Traslocasa. Es un complejo proteico que se encuentra a nivel de membrana. Permite el movimiento de materiales.

Tricoma. Conjunto de células en una cianobacteria filamentosa, sin la vaina mucilaginosa que la envuelve.

Triplobiásticos. Animales que poseen tres hojas embrionarias: el ectodermo, el endodermo y el mesodermo.

Trofozoito. Estado del ciclo vital de los protozoarios parásitos, como el *Plasmodium*.

Trufas. Hongos ascomicetos comestibles que tienen una relación simbiótica micorrícica con árboles.

Túbulo urinario. Unidad funcional del riñón formada por la nefrona y el túbulo colector.

Túbulos contorneados proximal y distal. Conductos componentes del nefrón ubicados, respectivamente, antes y después del asa de Henle (en cuanto a la dirección de flujo de la orina en formación), en los que se llevan a cabo los principales procesos de reabsorción y secreción del nefrón.

U

Úlcera. Pérdida de sustancia de la piel o en la mucosa que tapiza el tubo digestivo cuya curación es dificultosa y suele acompañarse de inflamación.

Una. Órgano duro que termina el dedo.

Urea. Compuesto orgánico formado en el hígado de los vertebrados; la principal formá de eliminación de desechos nitrogenados por los mamíferos.

Uréter. El tubo que lleva orina desde el riñón a la cloaca (en los reptiles y las aves) o a la vejiga (en los mamíferos).

Uretra. El tubo que lleva orina desde la vejiga hasta el exterior de los mamíferos.

Urocromo. Sustancia nitrogenada amarilla que constituye el pigmento más abundante de la orina, es un subproducto de la degradación de células sanguíneas y sus proteínas en el hígado.

V

Vacunación. Producción de inmunidad activa mediante la administración de agentes patógenos vivos atenuados o muertos o de sus productos de secreción.

Valva. En las diatomeas se llama así a la parte plana de cada teca.

Vascular. En plantas, tejido que transporta fluidos y nutrientes, también tiene funciones de soporte.

Vaso. Serie de miembros de vaso parecida a un tubo cuyas paredes comunes tienen perforaciones.

Vector. Portador que transfiere un agente infeccioso de un huésped a otro. Principalmente es un animal (generalmente un artrópodo).

Vértebras caudales. Hueso de la cola.

Vértebras cervicales. Hueso del cuello.

Vértebras lumbares. Hueso del lomo situado al nivel de los lomos.

Vértebras torácicas. Hueso que forma la parte dorsal de la caja torácica.

Virulencia. Grado de patogenicidad que posee un microorganismo en función de la gravedad de las lesiones que provoca.

Vitelario. Una división del ovario de los platelmintos.

Volutina. Gránulos presentes en algunas bacterias. Constituyen un almacén de polifosfatos y se colorean de rojo con el azul de metileno. También son denominados gránulos metacromáticos.

X

Xenotransplante. Transplante de tejidos u órganos entre individuos de especies diferentes.

Xerofítica. Planta que vive en ambiente seco.

Xilema. Principal tejido conector de agua en las plantas vasculares, el cual se caracteriza por la presencia de elementos traqueales. El xilema secundario puede servir como tejido de sostén. Tejido vascular de las plantas que transporta agua y nutrientes de las raíces a las hojas, compuesto de varios tipos celulares entre ellos las traqueidas y los miembros de vaso. Constituye la madera de árboles y arbustos.

Xilema primario. Xilema que forma parte de las estructuras frescas de la planta: hojas, tallos y raíces recientes. Se forma a partir de los meristemos apicales. Existe como único xilema en muchas plantas herbáceas.

Xilema secundario. Xilema que forma las estructuras leñosas de muchas plantas (tallos y raíces). Se forma a partir de los meristemos laterales mediante el llamado "engrosamiento secundario".

Z

Zarcillo (Tipo de tallo). Tallos no principales transformados para enrollarse alrededor de un objeto. Por ejemplo, la vid.

Zoonosis. Una infección o enfermedad infecciosa transmisible, en condiciones naturales, de los animales vertebrados a los seres humanos.

Zoosporas. Esporas flageladas que se generan en quitridiomicetos.

Lumbreras Editores

twitter.com/calapenshko

CALA PINHO

CALA
PINSK

twitter.com/calapenshko

00017921

Biología

Una perspectiva evolutiva

Esta obra contribuye al conocimiento de la diversidad de la vida, las explicaciones sobre su origen y su desarrollo evolutivo poniendo énfasis en la clasificación y ordenamiento para su adecuado estudio. Abarca capítulos especializados en microbiología, botánica y zoología analizando en cada uno de ellos aspectos taxonómicos, estructurales y fisiológicos desde una perspectiva evolutiva; además incorpora tópicos de enfermedades infecciosas desde un enfoque dinámico y de gran relevancia en nuestra sociedad.

En cada capítulo se utiliza una explicación sencilla pero rigurosa de los quehaceres del ser humano y sus aplicaciones en el desarrollo científico y tecnológico que han permitido el avance de la biología hasta la actualidad, lo cual convierte a esta publicación en un material significativo para el estudiante.

Este libro está escrito en un lenguaje claro y accesible; por ello, su contenido es de gran interés para complementar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el área de Ciencias Naturales. Está desatinado a los alumnos de educación secundaria, preuniversitarios y para aquellos que se interesan por el estudio de la vida.

ISBN: 978-612-307-509-5

Lum.editores
www.eLumbreras.com.pe